

ВОДНЕВА СТРАТЕГІЯ УКРАЇНИ на період до 2050 року

I. Опис проблем, які обумовлюють прийняття стратегії і нормативно-правові акти, що діють у відповідній сфері

1. Водень як складова енергетичного переходу

В ХХІ столітті світ активно протидіє проявам кліматичних змін. Через збільшення використання викопних видів палива з середини минулого століття обсяги викидів парникових газів стрімко зростають, що призводить до збільшення їх концентрації в атмосфері та парникового ефекту. Для сповільнення та припинення цієї негативної тенденції світ рухається до енергетичного переходу, а саме використання енергоносіїв з низькою ємністю вуглецю, посилення заходів з енергоефективності в усіх секторах економіки в економічно ефективний спосіб з дотриманням безпеки постачання енергоносіїв.

Майже 200 країн світу 12 грудня 2015 р. уклали Паризьку угоду в межах Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату щодо регулювання заходів зі зменшення викидів парникових газів (далі – Паризька угода). Паризька угода передбачає, що зобов'язання зі скорочення викидів парникових газів в атмосферу беруть на себе всі держави, незалежно від ступеня їхнього економічного розвитку. Основна мета Паризької угоди – утримання зростання середньої світової температури на рівні значно нижче +2 °С від доіндустріальних рівнів та спрямовувати зусилля на обмеження зростання температури до +1,5 °С від доіндустріальних рівнів, оскільки це передбачає суттєве зменшення ризиків зміни клімату.

Ініціативи щодо скорочення викидів парникових газів набули нового імпульсу після повторного приєднання Сполучених Штатів Америки до Паризької угоди у 2021 році та встановлення Європейським Союзом (далі – ЄС) амбітних кліматичних цілей з досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року в рамках Європейського зеленого курсу.

Досягнення кліматичної нейтральності до середини поточного століття є пріоритетним завданням Паризької угоди та Європейського зеленого курсу, які є орієнтирами для держав-членів ЄС щодо енергетичної трансформації та переходу до надійного і сталого енергопостачання в майбутньому та, відповідно, мають враховуватися Україною, як державою-кандидатом у члени ЄС.

Енергетична трансформація передбачає масштабний перехід від використання викопних видів палива до відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності та широкомасштабну електрифікацію усіх секторів та галузей економіки. Однак, на теперішній час, технологічні процеси не усіх секторів та сфер можуть здійснити перехід від використання енергії з

викопних видів палива до використання чистої енергії. Сектори, які важко електрифікувати, а отже зменшити викиди парникових газів, включають, зокрема, металургію, виробництво цементу, хімічну промисловість, автомобільні перевезення на значні дистанції, водний та повітряний транспорт.

Використання водню та його похідних вважається одним із рішень, яке сприятиме досягненню кліматичної нейтральності завдяки його численним можливим застосуванням як енергоносія або сировини у всіх секторах, особливо у тих, які важко декарбонізувати.

Водень – хімічний елемент, який входить до складу періодичної системи елементів під символом H та має атомний номер 1. Це найлегший та найпоширеніший хімічний елемент у Всесвіті. У стандартних умовах, водень існує у вигляді двоатомного молекулярного газу (H₂).

Водень може бути отриманий шляхом різних процесів, які пов'язані з інтенсивністю викидів парникових газів залежно від технології виробництва та джерела енергії.

Воднева стратегія для кліматично-нейтральної Європи визначає основні типи водню:

відновлюваний або чистий водень – водень, який виробляється шляхом електролізу води, з використанням електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії. Повний життєвий цикл викидів парникових газів від виробництва відновлюваного водню є мінімальним (близьким до нуля). Відновлюваний водень також може бути отриманий шляхом парового риформінгу біогазу, зокрема біометану, замість природного газу або біохімічної конверсії біомаси, якщо вона відповідає критеріям сталості;

водень на основі викопного палива – водень, який виробляється за допомогою різних процесів парового риформінгу метану (природного газу) або газифікації вугілля та замінює традиційне викопне паливо, таке як нафта, вугілля та природний газ, і відіграє ключову роль у виробництві електроенергії та тепла, а також у транспорті та інших промислових процесах з викопних видів палива. Викиди парникових газів протягом життєвого циклу виробництва водню на основі викопного палива є високими;

водень на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю – водень, що виробляється на основі викопного палива, де уловлюються парникові гази, що викидаються в процесі його виробництва. Викиди парникових газів при виробництві водню на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю або піролізу нижчі, ніж у випадку водню на основі викопного палива, проте має враховуватися різна ефективність уловлювання парникових газів (максимум 90%);

водень на основі електричної енергії – водень, який виробляється шляхом електролізу води незалежно від виду джерела електричної енергії. Повний життєвий цикл викидів парникових газів у виробництві водню на основі електричної енергії залежить від способу виробництва та від вуглецевої ємності енергосистеми;

низьковуглецевий водень – водень на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю та водень на основі електричної енергії зі значно

зменшеними обсягами викидів парникових газів протягом повного життєвого циклу порівняно з існуючим виробництвом водню.

Крім того, неофіційною практикою у світі є класифікація водню залежно від технології виробництва та джерела енергії із застосуванням кольорів.

Основними технологіями виробництва водню є:

газифікація – термохімічний процес перетворення твердого або рідкого палива в горючі гази способом неповного його окиснення повітрям (киснем, водяною парою, вуглекислим газом). Отриманий газ може містити водень (H_2), окис вуглецю (CO), метан (CH_4), вуглекислий газ (CO_2), азот (N_2), аміак (NH_3) та інші складові залежно від умов процесу та використаної технології;

електроліз води – хімічний процес, під час якого вода розкладається на її основні складові частини, водень (H_2) та кисень (O_2), за допомогою використання електричної енергії. Процес водневого електролізу відбувається в електролізерах, які мають відмінності, а саме:

електролізери з протонно-обмінною мембраною (PEM), містять мембрану з протонним обміном, яка використовує твердий полімерний електроліт. При подачі електричного струму у процесі електролізу, вода розщеплюється на водень та кисень. Протони водню проходять через мембрану, утворюючи водень на стороні катода;

лужні електролізери (AEL), містять воду та рідкий електроліт, такий як гідроксид калію (KOH) чи гідроксид натрію (NaOH). У процесі подачі електричної енергії до лужної комірки, іони гідроксиду (OH^-) переміщуються через електроліт від катода до анода кожної комірки. При цьому на катоді утворюються бульбашки водню, а на аноді – бульбашки кисню;

твердооксидні або оксидно-керамічні електролізери (SOEC) з твердооксидними паливними комірками (SOFC), які працюють у режимі регенерації. У процесі подачі електричної енергії та води на катод, вода перетворюється на водень та іони оксиду. Водневий газ забирається для очищення, а іони оксиду рухаються до анода, віддаючи електрони в зовнішній контур, для утворення кисню.

паровий риформінг метану (SMR) – хімічний процес, під час якого метан (CH_4), що є основним компонентом природного газу, розкладається за участю водяної пари на водень (H_2) і вуглекислий газ (CO_2);

піроліз – незворотній термічний процес розпаду метану (CH_4) на водень (H_2) та вуглець (C) без доступу повітря.

Класифікація водню за технологіями виробництва, джерелами енергії залученими при виробництві та інтенсивністю викидів парникових газів наведена у таблиці 1.

Класифікація водню у ЄС		Неофіційна класифікація за кольорами	Технологія виробництва	Джерело енергії	Інтенсивність викидів парникових газів	
-		Водень на основі електричної енергії	Жовтий водень	Електроліз	Електрична енергія змішаного походження (з мережі)	Середній
Низько-вуглецевий водень	-		Рожевий водень	Електроліз	Електрична енергія, вироблена з ядерної енергії	Мінімальний
	Відновлюваний або чистий водень		Зелений водень	Електроліз	Електрична енергія, вироблена з відновлюваних джерел енергії	Мінімальний
	-		-	Паровий риформінг метану	Біометан	Низький
Водень на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю		Водень на основі викопного палива	Синій або блакитний водень	Паровий риформінг метану з уловлюванням вуглецю	Природний газ, вугілля	Низький
-			Бірюзовий водень	Піроліз	Природний газ	Субпродукт твердий вуглець
-			Сірий водень	Паровий риформінг метану	Природний газ	Середній
-			Чорний та коричневий водень	Газифікація	Вугілля	Високий
-			Білий водень	Видобуток з підземних покладів		Мінімальний

Водень також можливо трансформувати в водневі похідні, які можуть використовуватися напряму, наприклад аміак як добриво та метанол у хімічній промисловості, або для транспортування.

Основними водневими похідними є:

аміак (NH_3) може вироблятися з водню шляхом синтезу Габера-Боша. Аміак є важливим компонентом у хімічній промисловості та використовується для виробництва мінеральних добрив та інших хімічних продуктів;

зріджений водень (LH_2), який зберігається при криогенних температурах ($-253\text{ }^\circ\text{C}$) і зазвичай зберігається у середовищі з низьким тиском (1–6 бар);

метанол (CH_3OH) може вироблятися шляхом синтезу з вуглекислого газу (CO) та водню (H_2). Метанол використовується у нафтогазовій галузі, хімічній, транспортній та легкій промисловості;

рідкий органічний носій водню або Liquid Organic Hydrogen Carrier (далі – ЛОНС) органічні сполуки, які можуть поглинати та вивільняти водень за допомогою хімічних реакцій;

синтетичне паливо, отримане з водню за технологією Power-to-Gas – електрони у молекули. В установках метанізації водень (H_2) з'єднується з вуглекислим газом (CO_2) або окисом вуглецю (CO), утворюючи синтетичний метан (CH_4);

стиснений водень, який може перевозитися в газових балонах з тиском між 200 і 500 бар та підходить для транспортування на короткі дистанції за відсутності трубопровідної інфраструктури.

Водень та його похідні безпосередньо може використовуватися у різних секторах, які мають свої особливості, зокрема:

Промисловий сектор:

нафтохімічна промисловість – використання водню для видалення домішок із сирової нафти, зокрема для видалення сірки, та якісного покращення важкої сирової нафти;

металургія – пряме відновлення залізної руди для отримання сталі з використанням водню як відновника;

хімічна промисловість – використання водню як реагенту для виробництва аміаку, метанолу та інших хімічних речовин, де водень використовують в окремих хімічних процесах як сировину;

енергоємна промисловість – використання водню як джерело тепла для підтримання високотемпературних виробничих процесів;

виробництво синтетичного палива, зокрема бензину, дизелю, авіаційного керосину, метану тощо.

Електроенергетичний сектор:

балансування як установка зберігання енергії, зокрема для довготривалого (сезонного) зберігання енергії;

виробництво електричної енергії, шляхом хімічного перетворення водню або його похідних у паливних елементах (комірках);

Сектор теплопостачання:

виробництво теплової енергії, шляхом хімічного перетворення водню або його похідних у паливних елементах (комірках);

Транспорт:

дорожній транспорт – легкові автомобілі, автобуси, вантажні автомобілі, які використовують стиснений водень як паливо для виробництва електричної через паливний елемент (комірку);

залізничний транспорт – поїзди, які використовують стиснений водень як паливо для виробництва електричної через паливний елемент (комірку);

морський транспорт – пороми, катери, кораблі, портове обладнання, які можуть використовувати водень через паливний елемент (комірку) або шляхом спалювання аміаку;

повітряний транспорт – літаки та наземне обладнання для літаків, для яких використовують стиснений водень як паливо через паливний елемент (комірку).

Слід зазначити, що кисень (O_2), вироблений у процесі електролізу може використовуватися як продукт у різних секторах:

машинобудування: зварювання та різка металів;

медицина: резервуари зрідженого кисню, кисневі балони;

металургія: киснево-конверторна виплавка сталі;

промисловість: виробництво скла;

теплоенергетика: киснева та парокиснева газифікація твердого палива (вугілля, біомаса, торф, RDF).

Ланцюги постачання та використання водню і його похідних наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Ланцюг постачання та використання водню і його похідних

Виробництво	Трансформація	Транспортування	Зберігання	Використання
Водень (H_2)	Без трансформації	Водний транспорт (H_2 , LOHC, LH_2 , NH_3 , CH_3OH)	Підземні сховища газу	Промисловість (H_2 , NH_3 , CH_3OH , O_2): металургійна; хімічна; нафтохімічна.
Вуглець, за умови його уловлювання (CO_2)	Трансформація: синтетичне паливо, отримане з водню H_2+CO_2 ; аміак (NH_3) $N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3$; метанол (CH_3OH) $CO_2+3H_2 \rightarrow CH_3OH+H_2O$; LH_2 ; LOHC; стиснений водень;	Трубопроводи (H_2 , NH_3)	Соляні печери	Сектор теплопостачання (H_2 , O_2)
Кисень (O_2)		Вантажний автомобільний транспорт (стиснений водень)	Вугільні шахти	Електроенергетичний сектор (H_2)
				Транспорт (H_2 , NH_3 , синтетичне паливо, отримане з водню, CH_3OH): водний транспорт; повітряний транспорт; легковий автомобільний транспорт; вантажний автомобільний транспорт; залізничний транспорт; громадський транспорт.

2. Світові тенденції та механізми стимулювання розвитку водневої енергетики

Згідно з щорічним звітом Міжнародного енергетичного агентства Global Hydrogen Review 2023, у 2022 році світовий попит на водень становив близько 95 млн тонн на рік, що на 3 відсотки більше ніж у 2021 році. Серед промислових сегментів, які вже виробляють та використовують водень у промислових масштабах, є нафтопереробка, хімічна промисловість, виробництво аміаку та метанолу.

Зростання використання водню у світі не є результатом застосування інструментів державної політики, а наслідком глобальних енергетичних

тенденцій. Зростання використання водню відбулося в традиційних секторах, а саме в нафтопереробній та хімічній галузях і було забезпечене збільшенням виробництва водню на основі викопного палива, що не мало впливу на зменшення зміну клімату. Використання водню в нових, ключових для енергетичного переходу сферах застосування, зокрема, у важкій промисловості, транспорті, виробництві палива, виробництва та зберігання електричної енергії є мінімальним і становить менш як 0,1 відсотки від загального попиту в усьому світі.

У сценарії Міжнародного енергетичного агентства Net Zero Emissions by 2050 від 2023 року прогнозується зростання використання водню на 6 відсотків щорічно до кінця цього десятиліття, що передбачає досягнення понад 150 млн тонн споживання до 2030 року, приблизно 40 відсотків з яких буде забезпечено новими виробничими потужностями.

Відповідно до звіту Hydrogen Insights 2023, підготовленого Hydrogen Council та McKinsey&Company, на кінець 2023 року у світі нараховується близько 1400 водневих проєктів із сумарним обсягом інвестицій 570 млрд доларів Сполучених Штатів Америки, які, у разі їх реалізації, зможуть до 2030 року забезпечити виробництво 45 млн тонн чистого водню на рік. Переважна кількість проєктів знаходиться на Європейському континенті (550 одиниць) та у Північній Америці (248 одиниць). Четверть з цих проєктів, близько 7 відсотків від оголошених інвестицій, мають визначену дату введення в експлуатацію та отримали фінальне інвестиційне рішення.

У 2023 році інвестиції у водневу інфраструктуру зросли до близько 6,5 млрд доларів Сполучених Штатів Америки, з яких 45 відсотків припадають на Близький Схід. Водночас це не призвело до суттєвого розвитку водневої трубопровідної інфраструктури. Наразі у світі налічується близько 5000 кілометрів водневих трубопроводів, переважно в існуючих хабах для виробництва водню на основі викопного палива та у промислових районах. Поряд з тим, воднева інфраструктура на транспорті поступово розвивається, досягнувши 1100 заправних станцій для водневих транспортних засобів в усьому світі, зосереджених переважно у Китаї, Південній Кореї та Японії.

Потужність виробництва електролізного обладнання та паливних елементів (комірок) у 2023 році досягла 11 ГВт. Загальна глобальна потужність виробництва паливних елементів (комірок) становить 15 ГВт, при цьому Південна Корея, Китай та Японія є найбільшими ринками збуту.

За секторами, найбільший обсяг інвестицій припадає на транспортний сектор (4,5 млрд доларів Сполучених Штатів Америки) та сектор електроенергетики (1,2 млрд доларів Сполучених Штатів Америки). У транспортному секторі кількість проданих транспортних засобів з використанням паливних елементів (комірок) на кінець червня 2023 року становила близько 79 тисяч одиниць, що на 10 відсотків більше, ніж на кінець 2022 року.

У разі реалізації заявлених державних політик очікується суттєве зростання кількості водневих заправних станцій у світі. Південна Корея та Японія планують розширити свої мережі до понад 600 станцій кожна

до 2030 року, що може подвоїти кількість станцій в Азії. Крім того, протягом 2023 року понад 10 країн (головним чином в Європі) встановили або оголосили плани щодо встановлення своїх перших водневих заправок станцій.

Для оцінки економічної доцільності виробництва водню та порівняння витрат на його виробництво з різних джерел енергії використовується показник приведеної вартості водню або Levelized Cost of Hydrogen (далі – LCOH), який визначає витрати на виробництво 1 кілограму водню з урахуванням всіх витрат на будівництво, експлуатацію, обслуговування та вартість ресурсів протягом усього періоду функціонування відповідного виробничого об'єкта.

LCOH залежить від технології та вартості використаного джерела енергії, що, як правило, має значні регіональні відмінності. До повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну, LCOH водню на основі викопного палива знаходився у діапазоні від 1 до 3 доларів Сполучених Штатів Америки за кілограм. У 2021 році виробництво водню на основі викопного палива було більш економічно доцільним порівняно з виробництвом водню на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю (1,5–3,6 долара Сполучених Штатів Америки за кілограм) або виробництвом низьковуглецевого водню шляхом електролізу (2,5–4,5 долара Сполучених Штатів Америки за кілограм).

Відповідно до звіту Hydrogen Insights 2023, наразі вартість відновлюваного водню натрапляє на труднощі, які призводять до збільшення оцінок середньозваженої LCOH для відновлюваного водню на 30–65 відсотків в найближчі роки, до рівня 4,5–6,5 долара Сполучених Штатів Америки за кілограм. Оскільки технології виробництва відновлюваного водню та електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, потребують значних капітальних інвестицій, LCOH відновлюваного водню суттєво залежить від світового підвищення відсоткових ставок, що значно впливає на вартість капіталу. Інші фактори, які впливають на збільшення LCOH відновлюваного водню, включають обмежені природні ресурси відновлюваних джерел енергії, дефіцит критичної сировини, дефіцит кваліфікованої робочої сили та несформовані ланцюги постачання. Не зважаючи на те, що ці фактори можуть збільшити LCOH відновлюваного водню у найближчі роки, очікується зниження LCOH відновлюваного водню до 2,5–4,0 доларів Сполучених Штатів Америки за кілограм до 2030 року, залежно від регіону, і подальше зменшення до 1–2 доларів Сполучених Штатів Америки за кілограм до 2050 року.

Вартість виробництва водню на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю може бути нижчою, ніж вартість відновлюваного водню в найближчій перспективі, і може конкурувати з вартістю водню на основі викопного палива у країнах із низькою вартістю викидів вуглецю. Очікується, що вартість водню на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю залишатиметься нижчою, ніж вартість на відновлюваного водню до 2030 року, за винятком регіонів із значним потенціалом виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел енергії.

Транспортування водню у формі LH_2 та LOHC було продемонстровано в перших проєктах, а досвід перевезення аміаку існує у галузі добрив протягом десятиліть. У 2020 році відбулося перше міжнародне перевезення 102 тонн водню з Брунею до Японії, використовуючи технологію LOHC.

У 2022 році було доставлено перший вантаж 75 тонн водню у вигляді LN_2 з Австралії до Японії у рамках проєкту “Ланцюг постачання водню енергії” з планами збільшення обсягів торгівлі до 225 тисяч тонн на рік у 2030-х роках. У 2020 році вперше аміак було перевезено з Саудівської Аравії до Японії для використання як пального. Також наразі японська корпорація Chiyoda запатентувала новий спосіб транспортування водню у складі метил циклогексану Liquid Organic Hydrogen Carrier Methylcyclohexane (далі – ЛОНС МСН).

У різних частинах світу, у тому числі в Європі, існують публічно оголошені проєкти з експорту водню. З урахуванням оголошених експортно-орієнтованих проєктів, до 2030 року може бути експортовано 16 млн тонн водневих похідних із перспективою зростання до 25 млн тонн до 2040 року. Експортно-орієнтовані проєкти становлять понад 40 відсотків від усього обсягу виробництва низьковуглецевого водню, який оголошено в рамках усіх проєктів до 2030 року, що свідчить про те, що потенційний експортний ринок є значним стимулом для впровадження водневих проєктів.

Вартість транспортування водню може бути значною, тому оцінка загальної вартості постачання для всього ланцюга – є невід’ємною. Залежно від способу та відстані, витрати на транспортування можуть впливати та конкурентоспроможність внутрішнього виробництва водню. Наприклад, при рівні виробничих витрат на рівні 2,1 долара Сполучених Штатів Америки за кілограм в Латинській Америці, витрати на транспортування (включаючи перетворення водню в похідні в країні експортерів та його зворотне перетворення в північно-західній Європі) можуть зробити внутрішнє виробництво водню з офшорної вітрової енергії в північно-західній Європі більш конкурентоспроможним.

Спільно з консорціумом великих європейських газотранспортних компаній, з метою адаптації інфраструктури природного газу для транспортування водню, ЄС започатковано Ініціативу Європейської водневої магістральної мережі (The European Hydrogen Backbone), яка передбачає, що до 2040 року довжина мережі становитиме 53 тисячі кілометрів із 60 відсотків перепрофільованих газових трубопроводів і 40 відсотків нових трубопроводів. Ініціатива Європейської водневої магістральної мережі також передбачає, що вартість транспортування водню може становити 0,13–0,25 долара Сполучених Штатів Америки за кілограм на тисячу кілометрів (0,10–0,20 долара Сполучених Штатів Америки за кілограм на тисячу кілометрів суходолом, та 0,15–0,3 долара Сполучених Штатів Америки за кілограм на тисячу кілометрів морським транспортом). Прогнозується, що зазначена ініціатива потребуватиме інвестицій у розмірі 50–96 млрд доларів Сполучених Штатів Америки.

Враховуючи поточну високу вартість відновлюваного водню світові країни запроваджують різні механізми підтримки для формування водневої галузі.

У серпні 2022 року Сполучені Штати Америки оголосили про стимули для виробництва чистого водню відповідно до Закону про зниження інфляції (Inflation Reduction Act). У березні 2023 року Міністерство енергетики Сполучених Штатів Америки оголосило про програму досліджень і розробок

щодо передових чистих водневих технологій вартістю 750 млн доларів Сполучених Штатів Америки.

Європейськими країнами було оприлюднено щонайменше 11 аукціонних схем підтримки, які передбачають стимули для постачання відновлюваного та низьковуглецевого водню та після їх успішної реалізації можуть забезпечити до 2,5 ГВт потужності електролізерів до 2025 року. Деякі схеми підтримки передбачають пряму цінову підтримку на одиницю виробленого водню на термін щонайменше 10 років (контракти на різницю, фіксовані премії тощо), інші пропонують підтримку капітальних інвестицій, а деякі поєднують обидва варіанти.

У листопаді 2022 року Європейська комісія розпочала конкурс проєктів в рамках Інноваційного фонду ЄС з загальним бюджетом 3 млрд євро, з яких значну частину планується направити у тому числі на розвиток водневих технологій, а саме:

1 млрд євро на електрифікацію та виробництво і використання відновлюваного водню у промисловості.

700 млн євро на екологічно чисте виробництво ключових компонентів для відновлюваної енергетики, зберігання енергії та відновлюваного водню. Пріоритетними є проєкти з розширення виробничих потужностей в ЄС для масового розгортання інноваційної відновлюваної енергетики та водню, таких як фотоелектричні елементи та електролізери.

300 млн євро для підтримки середніх пілотних проєктів з глибоким потенціалом декарбонізації.

Також ЄС у 2023 році оголосив про запуск Європейського Водневого Банку із початковим фінансуванням у 800 млн євро, метою якого є часткове субсидування виробництва відновлюваного водню із максимальною фіксованою ринковою премією 4,5 євро за кілограм.

У жовтні 2023 року на аукціоні у Данії було відібрано шість проєктів із загальною потужністю електролізерів 280 МВт із загальним обсягом фінансування 176,9 млн доларів Сполучених Штатів Америки. Підтримка надається за механізмом фіксованої ринкової премії не більше 2 євро за кілограм на 10 років. Найвища цінова пропозиція 1,05 євро за кілограм, а найнижча 0,16 євро за кілограм для об'єкта з потужністю електролізера 100 МВт.

Франція у 2023 році оприлюднила попередні деталі своїх майбутніх водневих аукціонів загальною вартістю 4 млрд євро на інвестиційну допомогу та експлуатаційні гранти для підтримки розвитку 1 ГВт електролізних потужностей протягом наступних трьох років.

У Німеччині в рамках ініціативи H2Global було оголошено проведення аукціонів загальною вартістю 900 млн євро з терміном підтримки 10 років.

У Сполученому Королівстві у 2023 році завершився перший раунд водневих аукціонів, на якому було відібрано одинадцять проєктів загальною потужністю 125 МВт, із загальним обсягом фінансування 2,5 млрд доларів Сполучених Штатів Америки.

Проведення аукціонів за різними схемами підтримки передбачено також у Португалії, Румунії, Італії, Нідерландах.

У 2023 році 15 водневих проєктів офіційно підписали грантові угоди на фінансування від Інноваційного фонду ЄС, однієї з найбільших у світі програм фінансування для демонстрації інноваційних технологій з низьким вмістом вуглецю, на загальну суму 1,25 млрд євро. Також, Європейська комісія схвалила фінансування двох хвиль важливих проєктів спільного європейського інтересу, пов'язаних із воднем (Hy2Tech, з акцентом на розвиток водневих технологій, та Hy2Use, з акцентом на промислове застосування водню).

3. Мета Водневої стратегії України на період до 2050 року у контексті розвитку сфери водневої галузі в Україні

14 липня 2016 р. Україною було ратифіковано Паризьку угоду, якою перебачено досягнення цілей із зниження рівня викидів парникових газів.

Відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України від 16 вересня 2015 р. № 980 “Про схвалення очікуваного національно визначений внесок України до проєкту нової глобальної кліматичної угоди” встановлено ціль не перевищити 60 відсотків у 2030 році від рівня викидів парникових газів у 1990 році. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 липня 2021 р. № 868 (Офіційний вісник України, 2021 р., № 62, ст. 3956) схвалено Оновлений національно визначений внесок України до Паризької угоди, ціль якого – зменшення викидів парникових газів на 65 відсотків у 2030 році від рівня 1990 року та досягнення кліматичної нейтральності України до 2060 року.

Оскільки використання низьковуглецевого водню є одним із шляхів досягнення кліматичної нейтральності, особливо у секторах, які важко електрифікувати, Україні важливо створити передумови для розвитку водневої економіки, з урахуванням кращих світових практик та розвитку ринку водню у ЄС.

Воднева стратегія України на період до 2050 року (далі – Стратегія) визначає основні сфери використання водню в Україні, а саме промисловість, електроенергетика, транспорт, теплопостачання, включаючи можливості експорту, які охоплюють процеси його виробництва, зберігання та транспортування.

Метою Стратегії є формування основних засад розвитку водневої галузі в Україні до 2050 року, визначення основних етапів та стратегічних цілей, шляхів і способів їх досягнення.

4. Нормативно-правові акти, що діють у відповідній сфері

1) Підстави розроблення Стратегії

Цю Стратегію розроблено:

на виконання підпункту 10 пункту 1 Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 30 липня 2021 р. “Про заходи з нейтралізації загроз в енергетичній сфері”, введеного в дію Указом Президента України від 28 серпня 2021 р. № 452;

на виконання пункту 327 Плану пріоритетних дій Уряду на 2024 рік, затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 лютого 2024 р. № 137 (Офіційний вісник України, 2024 р., № 22, ст. 1442);

з урахуванням положень та цілей Енергетичної стратегії України на період до 2050 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373 (Офіційний вісник України, 2023 р., № 47, ст. 2575) (далі – Енергетична стратегія);

з урахуванням цілей Стратегії енергетичної безпеки, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 4 серпня 2021 р. № 907 (Офіційний вісник України, 2021 р., № 64, ст. 4071) (далі – Стратегія енергетичної безпеки);

з урахуванням завдань, визначених Національною економічною стратегією на період до 2030 року, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 179 (Офіційний вісник України, 2021 р., № 22, ст. 1015) (далі - Національна економічна стратегія);

з урахуванням Цілей сталого розвитку України на період до 2030 року, визначених Указом Президента України від 30 вересня 2019 р. № 722;

з урахуванням цілей, визначених Оновленим національно визначеним внеском України до Паризької угоди, схваленим розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 липня 2021 р. № 868 (Офіційний вісник України, 2021 р., № 62, ст. 3956).

2) Аналіз міжнародного законодавства

Розвиток водневої енергетики від окремої вузької галузі до глобальної вимагає інтегрованого підходу із формування та реалізації державної політики для подолання початкових викликів на етапі становлення галузі та досягнення інтеграції водневих технологій в існуючі енергетичні ринки. Такий підхід ґрунтується на ключових напрямках, таких як національні водневі стратегії, дорожні карти, визначення пріоритетів розвитку, сертифікація та підтвердження походження водню, а також формування державних політик.

Протягом останніх років понад 50 країн у світі затвердили свої національні водневі стратегії, зелені книги, дорожні карти та інші стратегічні документи, які визначають пріоритетні напрямки та державні політики з розвитку водневої енергетики як на національному, так і на міжнародному рівні.

Для України, як держави-кандидата у члени ЄС, пріоритетною є орієнтація на перспективи розвитку водневої енергетики на загальноєвропейському рівні та у суміжних країнах.

ЄС у 2020 році презентував Водневу стратегію для кліматично-нейтральної Європи до 2050 року, в якій основний акцент на наступні десятиліття зроблено на виробництві відновлюваного (“зеленого”) водню.

Воднева стратегія для кліматично-нейтральної Європи до 2050 року визначає ключові етапи:

2020–2024 роки – встановлення принаймні 6 ГВт електролізерів та виробництво до 1 млн тонн відновлюваного водню. Впровадження першого етапу буде зосереджуватися на промисловості, а також на великогабаритних транспортних засобах, таких як автобуси та вантажні автомобілі. Потреби транспортування водню в цей період є обмеженими, оскільки передбачається розташування джерел виробництва та об’єктів споживання поруч;

2025–2030 роки – досягнення щонайменше 40 ГВт встановленої потужності електролізерів та виробництво до 10 млн тонн відновлюваного водню, а також забезпечення імпорту 10 млн тонн водню з суміжних країн;

2031–2050 роки – застосування відновлюваних водневих технологій у значних масштабах, для охоплення секторів, які важко електрифікувати.

Значна частина держав-членів ЄС окреслили чітку позицію щодо водневих технологій у своїх національних стратегіях. До 2030 року європейські країни планують досягнення електролізних потужностей в обсязі, зокрема: 10 ГВт – Німеччина, 6,5 ГВт – Франція, 6 ГВт – Данія, по 5 ГВт – Швеція та Італія, по 4 ГВт – Нідерланди, Іспанія, Румунія, 2 ГВт – Польща. У Сполученому Королівстві у 2021 році прийнято водневу стратегію, яка визначає досягнення 10 ГВт встановленої потужності з виробництва низьковуглецевого водню до 2030 року, з яких щонайменше 5 ГВт електролізерів.

ЄС прагне стати промисловим лідером у сфері чистого водню. Для досягнення цієї мети створено Європейський альянс чистого водню (European Clean Hydrogen Alliance), який включає більш ніж 1700 учасників з промисловості, публічних органів, громадськості, інвесторів та науково-дослідної спільноти.

До 2030 року ЄС планує розгортання станцій для зарядки та заправки альтернативних видів палива, що дозволить транспортному сектору значно зменшити свій вуглецевий слід. У вересні 2023 року прийнято Регламент (ЄС) 2023/1804 від 13 вересня 2023 р. щодо розгортання інфраструктури альтернативних видів палива та скасування Директиви 2014/94/ЄС, який передбачає, зокрема, що водневі заправні станції для обслуговування як легкових, так і вантажних автомобілів, мають бути розгорнуті з 2030 року у всіх міських вузлах та кожні 200 кілометрів вздовж основної мережі Транс'європейського транспортного коридору (TEN-T).

Також, було прийнято Регламент (ЄС) 2023/1805 від 13 вересня 2023 р. щодо використання відновлюваного та низьковуглецевого палива в морському транспорті та про внесення змін до Директиви 2009/16/ЄС, який встановлює, зокрема, єдині правила щодо обмеження інтенсивності парникових газів енергії, яка використовується на борту суден, що прибувають, перебувають або відпливають з портів, які знаходяться у ЄС.

ЄС рухається у напрямку встановлення чітких та гармонізованих правил, стандартів та сертифікацій для визначення відновлюваного водню. У 2023 році прийнято Делегований Регламент Комісії (ЄС) 2023/1184 від 10 лютого 2023 р., що доповнює Директиву (ЄС) 2018/2001 шляхом встановлення методології Союзу, яка визначає детальні правила для виробництва відновлюваних рідких та газових транспортних палив не біологічного походження та Делегований регламент Комісії (ЄС) 2023/1185 від 23 травня 2023 р., що доповнює Директиву (ЄС) 2018/2001 щодо мінімального обсягу для скорочення викидів парникових газів від палива з переробленого вуглецю і шляхом визначення методології для оцінки скорочення викидів парникових газів від відновлюваного рідкого та

газоподібного транспортного палива небіологічного походження та від переробленого палива з вуглецю.

Також, ЄС ухвалив Регламент (ЄС) 2023/956 від 10 травня 2023 р. про встановлення механізму прикордонного коригування викидів вуглецю (далі – Carbon border adjustment mechanism, CBAM), який спрямований на скорочення глобальних викидів парникових газів у державах-членах ЄС та поза ними, який включає водень.

У липні 2022 року у Сполученому Королівстві випущено стандарт для низьковуглецевого водню, а в лютому 2023 року розпочато консультації щодо схеми сертифікації водню.

У грудні 2023 року інституції ЄС досягли угоди щодо законодавчого пакета з питань водню та декарбонізованих газів, а саме регламенту та директиви, які визначатимуть ринок для транспортування, розподілу та зберігання водню. Ці акти розширюватимуть Водневу стратегію для кліматично-нейтральної Європи до 2050 року і є наступним кроком для розвитку водневої інфраструктури у ЄС.

Передбачається, що національні плани розвитку мереж мають базуватися на спільних сценаріях для електричної енергії, природного газу та водню. Ці сценарії мають бути відповідні до інтегрованих національних планів енергетики та клімату, а також загального десятирічного плану розвитку мереж ЄС. Оператори водневих та газових мереж мають включати інформацію про інфраструктуру, яку можна вивести з експлуатації або перепрофілювати, а також розробляти конкретні плани розвитку водневих мереж для розвитку водневих систем з урахуванням реалістичних прогнозів попиту.

Ці ініціативи дозволять забезпечити використання відновлюваних та низьковуглецевих газів в ЄС, сприяючи приєднанню та доступу відповідної інфраструктури до існуючої газової мережі. Також встановлюється система сертифікації для низьковуглецевих газів, включаючи водень, яка доповнює сертифікацію відновлюваних газів і водню, передбачену у Директиві (ЄС) 2023/2413 від 18 жовтня 2023 р. про внесення змін до Директиви (ЄС) 2018/2001, Регламенту (ЄС) 2018/1999 та Директиви 98/70/ЄС щодо сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел та скасування Директиви Ради (ЄС) 2015/652, яка має забезпечити рівні умови та послідовність при оцінці повного обсягу викидів парникових газів різних видів газоподібного палива, і дозволить державам-членам ЄС ефективно порівнювати їх використання у своєму енергетичному міксі. Передбачається визначення детальних правил щодо методології та оцінки зменшення викидів парникових газів у делегованому акті.

Законодавчий пакет визначатиме дизайн для ринку водню в ЄС та передбачає застосування відповідних правил у два етапи, до і після 2033 року. На першому етапі застосовуватимуться спрощені правила, які сприятимуть переходу до розвинутого ринку водню. Ці положення охоплюють, зокрема, доступ до водневої інфраструктури, розділення діяльності з виробництва та транспортування водню, у тому числі встановлення тарифів. Заплановано створення нової окремої установи у вигляді Європейської мережі операторів мереж для водню (ENNOH) для сприяння розвитку водневої інфраструктури,

міжнародній координації, створення міждержавної водневої мережі та розроблення технічних правил. Європейська мережа операторів мереж для водню буде незалежною від існуючої Європейської мережі операторів газотранспортних систем (ENTSOG) і Європейської мережі операторів систем передачі електричної енергії (ENTSO-E), використовуючи переваги взаємодії та співпраці між трьома секторами.

3) Національне законодавство

На теперішній час українським законодавством не врегульовані правові, економічні та організаційні засади для виробництва, транспортування, зберігання та використання водню за секторами. Крім того, відсутні визначені стандарти та нормативні вимоги, що регулюють якість, безпеку та екологічні аспекти застосування водневих технологій.

Разом з тим, Законом України “Про альтернативні види палива” визначено термін біоводень – водень, отриманий з біомаси і є одним з видів біогазу, проте визначення терміну водень відсутнє.

Законами України “Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрзарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів” та “Про автомобільний транспорт” визначено термін автомобіль з водневим паливним елементом (коміркою) – автомобіль (автобус, автомобіль вантажний), оснащений виключно електричними тяговими двигунами (одним чи декількома), які працюють за рахунок енергії, отриманої з водню.

Також, передбачено, що на міських автобусних маршрутах загального користування у містах із загальною чисельністю населення понад 250 тисяч осіб кількість електробусів та/або автобусів, оснащених двигунами внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням, що працюють виключно на стисненому природному газі метані, зрідженому природному газі метані або біогазі, та/або автобусів з водневим паливним елементом (коміркою) у відсотковій частці серед парку автобусів повинна становити не менше ніж 25 відсотків на 1 січня 2030 р., не менше ніж 50 відсотків на 1 січня 2033 р., якщо рішення щодо інших часток та/або інших термінів не було ухвалено органами місцевого самоврядування відповідних міст.

До перевезень пасажирів на міських автобусних маршрутах загального користування в режимі регулярних пасажирських перевезень у містах районного та обласного значення з 1 січня 2036 р. допускаються виключно електробуси (у тому числі електробуси з подовженим запасом ходу) та/або автобуси, оснащені двигунами внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням, що працюють виключно на стисненому природному газі метані, зрідженому природному газі метані або біогазі, та/або автобуси з водневим паливним елементом (коміркою), якщо рішення щодо інших термінів не було ухвалено органами місцевого самоврядування відповідних міст.

Використання водню також належить до сфер діяльності, що регулюються законами України “Про альтернативні джерела енергії”, “Про ринок електричної

енергії”, “Про ринок природного газу”, “Про тепlopостачання”, “Про трубопровідний транспорт”, Водного кодексу України тощо.

Водночас розвиток водневої енергетики визначений у стратегічних документах України.

Енергетична стратегія визначає пріоритетним розвиток технологій виробництва нових безвуглецевих видів палива, зокрема водню, перехід промислових об’єктів України (металургія, хімічна промисловість тощо) на водневе паливо.

Національною економічною стратегією передбачено розгляд питання формування інфраструктури для забезпечення інтеграції України до водневої економіки, стимулювання наукових організацій на дослідження у сфері енергоефективності та водневих технологій.

Одним із пріоритетних завдань, визначених Стратегією енергетичної безпеки, є задоволення потреб нинішнього та майбутніх поколінь із забезпечення використання новітніх енергетичних технологій, зокрема водневої енергетики.

Крім того, рішенням Ради національної безпеки і оборони України від 23 березня 2021 р. “Про виклики і загрози національній безпеці України в екологічній сфері та першочергові заходи щодо їх нейтралізації”, введеного в дію Указом Президента України від 23 березня 2021 р. № 111 передбачено розроблення національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року та національного плану з енергетики та зміни клімату, які матимуть вплив на створення передумов для розвитку водневої енергетики в Україні.

4) Міжнародна співпраця України у сфері водневої галузі.

У лютому 2023 року в рамках 24 Саміту Україна – Європейський Союз між Урядом України та Європейською Комісією підписано Меморандум про взаєморозуміння між Україною та Європейським Союзом щодо стратегічного партнерства у сфері біометану, водню та інших синтетичних газів.

Ключовими аспектами співробітництва у сфері водневої енергетики є, зокрема:

узгодження процедури сертифікації відповідно до вимог ЄС щодо імпорту водню та інших синтетичних газів;

виявлення та усунення адміністративних, технічних та регуляторних бар’єрів для виробництва, транспортування, зберігання та використання водню та інших синтетичних газів, включно з ліцензуванням, дозвільною документацією і технічними вимогами;

створення нормативно-правових та адміністративних засад розвитку виробництва і споживання водню та інших синтетичних газів в Україні, конкурентних і прозорих транскордонних ринків та торгівлі.

Крім того, передбачається:

посилення співпраці, зокрема між регуляторами та операторами мереж і газосховищ, з метою вдосконалення планування мережі, інфраструктурних з’єднань, пріоритетних коридорів та узгодження правил щодо інфраструктури між Україною і ЄС.

спільне розроблення до 2030 року водневого коридору між Україною та ЄС, що передбачає співробітництво з визначення і виявлення проблемних питань у системі транскордонної інфраструктури, а також з вимог щодо якості водню для транспортування і зберігання;

оцінка обсягів фінансування і необхідних технічних заходів з метою використання українських газових сховищ і наявної інфраструктури для зберігання й транспортування водню.

У листопаді 2023 року Міністерство енергетики і Асоціація паливних елементів і водневої енергетики Сполучених Штатів Америки (The Fuel Cell and Hydrogen Energy Association) уклали Меморандум про створення кооперативного енергетичного партнерства для просування водневої енергетики. Укладений меморандум визначає пріоритетними такі напрями партнерства, як обмін кращими практиками розвитку водневої енергетики і знаннями щодо інноваційних водневих технологій та застосувань.

У вересні 2021 року укладено Меморандум про взаєморозуміння між товариством з обмеженою відповідальністю “Оператор газотранспортної системи України” та Eustream a.s., NET4GAS, Open Grid Europa GmbH щодо започаткування проєкту Центральноєвропейського водневого коридору, а саме створення трубопровідного коридору транспортування водню з України через Словаччину та Чехію в Німеччину.

У листопаді 2021 року укладено Меморандум про взаєморозуміння між товариством з обмеженою відповідальністю “Оператор газотранспортної системи України”, акціонерним товариством “Укртрансгаз”, акціонерним товариством “Національна акціонерна компанія “Нафтогаз України”, товариством з обмеженою відповідальністю “Еко-Оптіма” RAG Austria AG, Open Grid Europa GmbH, Gas Connect Austria GmbH, Bayerngas GmbH, Eustream a.s., Nafta a.s., Bayernets GmbH щодо започаткування проєкту H2EU+Store, що передбачає розгортання виробництва та підземного зберігання водню в Україні, формування трубопровідного коридору з України через Словаччину і Австрію в Німеччину.

У квітні 2022 року товариство з обмеженою відповідальністю “Оператор газотранспортної системи України” та Guidehouse Netherlands B.V., що виконує функції секретаріату та проєктного офісу ініціативи European Hydrogen Backbone, уклали меморандум про взаєморозуміння, який дозволяє товариству з обмеженою відповідальністю “Оператор газотранспортної системи України” бути представленим в ініціативі та презентувати можливості української газотранспортної системи в майбутній європейській водневій системі.

У березні 2023 року товариство з обмеженою відповідальністю “Оператор газотранспортної системи України” та Gaz-System S.A. (оператор польської газотранспортної системи) підписали меморандум про співпрацю для покращення взаємодії між українським та польським газовими ринками. В рамках співробітництва передбачається створення дослідницької платформи для оцінки можливостей транспортування відновлюваних газів, зокрема водню. Планується проведення науково-технічних досліджень щодо маршрутів та можливостей української та польської газотранспортних систем для

транспортування відновлюваних газів до європейських країн, а також визначення та подальша реалізація пілотних проєктів з виробництва та транспортування біометану та водню.

В травні та листопаді 2023 року два проєкти з виробництва відновлюваного водню в Закарпатті та на півдні Одеської області офіційно визнано та сертифіковано Mission Innovation та Clean Hydrogen Partnership, а також опубліковано на платформі для розробників водневих проєктів Mission Innovation Hydrogen Valley Platform 2.0.

У листопаді 2023 року приватне акціонерне товариство “Укргідроенерго” та німецька компанія Andritz Hydro GmbH уклали меморандум про співпрацю щодо реалізації проєкту із виробництва відновлюваного водню з орієнтовною потужністю електролізного обладнання 5–10 МВт.

З 1 січня 2021 р. Україна бере участь як асоційована країна в Рамковій програмі ЄС з досліджень та інновацій “Горизонт Європа” та Програмі з досліджень та навчання Європейського співтовариства з атомної енергії (2021–2025). Асоційований статус України у вищезгаданих програмах розширює можливості для залучення українських суб’єктів наукової, науково-технічної та господарської діяльності до реалізації проєктів, у тому числі в енергетичному секторі, включаючи водень, в рамках найбільшої програми ЄС з досліджень та інновацій, а також сприяє залученню до програм в рамках Об’єднаного дослідницького простору та Інноваційної ради.

Крім того, понад 20 українських компаній доєдналися до Європейського альянсу чистого водню.

II. Аналіз поточного стану та перспективи розвитку водневої галузі України

1. Потенціал виробництва низьковуглецевого водню та наявні ресурси

Україна має суттєві переваги для розвитку водневої енергетики, які включають стратегічне географічне положення з надійними виробничими та транспортними зв’язками, конкурентоспроможним ядерним сектором енергетики та значним потенціалом розвитку відновлюваної енергетики.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що потрапляє на 1 кв. метр поверхні, на території України знаходиться в межах від 1070 кВт·год/кв. метр в її північній частині до 1400 кВт·год/кв. метр і вище на півдні України.

Середня багаторічна швидкість вітру на території України змінюється від 2,5 до 5,7 метра на секунду на висоті 10 метрів. Найвищі швидкості вітру є характерними для Приазовської височини, Причорноморської низовини, Кримських та Карпатських гір, Волинської та Донецької височин. Розрахований коефіцієнт використання номінальної потужності для вітрових електроустановок знаходиться у діапазоні від 0,21 до 0,53 залежно від областей.

Інститутом відновлюваної енергетики Національної академії наук України за результатами проведених наукових досліджень розраховано потенційно можливий обсяг виробництва відновлюваного водню в Україні з використанням електричної енергії, виробленої з енергії вітру та енергії сонячного

випромінювання. Загальний потенціал середньорічного виробітку відновлюваного водню складає 44,96 млн тонн.

Основною ресурсною базою для виробництва відновлюваного водню є електрична енергія, вироблена з відновлюваних джерел енергії та водні ресурси.

Потенційні обсяги електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії для виробництва відновлюваного водню в Україні становлять 2273 млрд кВт·год на рік, а саме:

99,3 млрд кВт·год електричної енергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання, із використанням 82,8 ГВт встановленої потужності сонячних електростанцій;

1189,4 млрд кВт·год електричної енергії, виробленої з енергії вітру, із використанням 438 ГВт встановленої потужності наземних вітрових електростанцій;

984,3 млрд кВт·год електричної енергії, виробленої з енергії вітру, із використанням 250 ГВт встановленої потужності офшорних вітрових електростанцій на мілководних територіях великих акваторій Азовського та Чорного морів, затоки Сиваш, водосховищ Дніпровського каскаду гідроелектростанцій, лиманів;

На території України нараховується близько 63 тисяч річок і струмків загальною довжиною понад 206 тисяч кілометрів, та близько 20 тисяч озер, які займають 0,3 відсотка території країни.

За багаторічними спостереженнями потенційні ресурси річкового стоку України з урахуванням стоку Дунаю оцінюються у 209,8 куб. кілометрів, з яких приплив становить 157,4 куб. кілометрів, а місцевий стік у середній за водністю рік — 52,4 куб. кілометрів (25 відсотків). Із суміжних з Україною країн у середній за водністю рік приплив по Дніпру, Сіверському Донцю та інших водних артеріях (без Дунаю) становить 34,7 куб. кілометрів, а у маловодний рік — 22,9 куб. кілометрів. Стік річки Дунай у середній за водністю рік становить 123 куб. кілометрів, а у маловодний рік — 60 куб. кілометрів.

У середній за водністю рік сумарні водні ресурси дорівнюють 94,1 куб. кілометрів, у маловодний (75 відсотків) — 77,2 куб. кілометрів, у маловодний (95 відсотків) рік — 59,4 куб. кілометрів.

Найбільша кількість водних ресурсів (58 відсотків) зосереджена в річках басейну Дунаю у прикордонних районах України, найменш забезпечені водними ресурсами Донбас, Криворіжжя, Крим та південні області України, де зосереджені найбільші споживачі води.

Внутрішні регіональні відмінності характеризуються тим, що за міжнародною класифікацією лише Закарпатська область належить до середньозабезпечених місцевим стоком (6,3 тисячі куб. метрів на одну людину); низька вона в Чернігівській, Житомирській, Волинській та Івано-Франківській областях (3,3–2,0 тисячі куб. метрів); в інших областях — дуже низька і надзвичайно низька (1,98–0,12 тисячі куб. метрів на одну людину).

Доступні для широкого використання водні ресурси формуються, в основному, в басейнах річок Дніпра, Дністра, Сіверського Дінця, Південного і Західного Бугу, а також малих річок Приазов'я та Причорномор'я.

У 2022 році з природних джерел забрано 4 883,45 млн куб. метрів води (прісної – 4 860,964 млн куб. метрів), з них 786,543 млн куб. метрів – з підземних водних джерел, у тому числі 185,056 млн куб. метрів шахтно-кар'єрних вод.

Найбільше води забрано у Дніпропетровській (941,52 млн куб. метрів), Одеській (667,633 млн куб. метрів), Київській (575,161 млн куб. метрів), Запорізькій (320,597 млн куб. метрів), Донецькій (267,53 млн куб. метрів) областях та у м. Києві (511,143 млн куб. метрів), на які припадає 67 відсотків сумарного обсягу забору води.

У басейновому розрізі забрано води у басейні річки Дніпра – 3201,865 млн куб. метрів, Дністра – 409,515 млн куб. метрів, Дунаю – 379,777 млн куб. метрів, Дону – 342,154 млн куб. метрів, Південного Бугу – 248,166 млн куб. метрів, річок Причорномор'я – 227,909 млн куб. метрів, Вісли – 73,988 млн куб. метрів та у басейні річок Приазов'я – 0,076 млн куб. метрів.

За видами економічної діяльності у 2022 році основними водоспоживачами були підприємства секції Е (водопостачання; каналізація, поводження з відходами), якими забирався 1722,879 млн куб. метрів води або 35,28 відсотка від загального забору по країні, секції D (постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря) – 1657,281 млн куб. метрів води (33,88 відсотка), секції А (сільське, лісове та рибне господарство) – 945,062 млн куб. метрів води (19,35 відсотка), секції С (переробна промисловість) – 274,597 млн куб. метрів води (5,62 відсотка), та іншими секціями – 286,63 млн куб. метрів води (5,87 відсотка).

У цілому використання прісної води у 2022 році на різні потреби становило 3401,313 млн куб. метрів води, із них питної – 1140,415 млн куб. метрів води та технічної – 2256,143 млн куб. метрів води, 341,789 млн куб. метрів води питної якості використано на виробничі потреби, із них 93,185 млн куб. метрів води з комунальних водопроводів (тобто, води спеціально підготовленої до питної якості).

Основні показники використання водних ресурсів в Україні за 2022 рік вказані з урахуванням подання звітності відповідно до норм Закону України «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни» від 29.12.2022 № 2115-IX, а також без водокористувачів тимчасово окупованої Російською Федерацією території України.

Розвинутий сектор ядерної енергетики має потенціал для подальшого зростання та виробництва низьковуглецевого водню шляхом електролізу з використанням електричної енергії, виробленої з атомної енергії.

Гідроенергетичний сектор володіє доступом до водних ресурсів та значним потенціалом для виробництва відновлюваного водню шляхом електролізу, використовуючи електричну енергію гідроелектростанцій.

Виробництво водню на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю, відбувається шляхом парового риформінгу метану (природного газу). Україна має треті за величиною запаси природного газу в Європі

(до 719 млрд куб. метрів). Найбільші родовища розташовані в Полтавській, Харківській, Львівській областях, на шельфі Чорного й Азовського морів.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 22 млн тонн нафтового еквівалента на рік. Найбільший потенціал твердої біомаси зосереджений у Вінницькій, Дніпропетровській, Житомирській, Київській, Одеській, Полтавській, Сумській, Харківській та Чернігівській областях і становить близько 2 млн тонн нафтового еквівалента на рік. Загальний потенціал виробництва біометану в Україні становить щонайменше 7,8 млрд куб. метрів на рік, використання якого може сприяти розвитку виробництва низьковуглецевого водню шляхом парового риформінгу біометану за умови економічної рентабельності та відсутності негативного впливу на навколишнє природне середовище..

2. Виробництво, транспортування та зберігання водню

1) Виробництво

Стратегія визначає досягнення виробництва низьковуглецевого водню в обсягах до 1,3 млн тонн у 2035 році та до 3,0 млн тонн у 2050 році, залежно від обсягів експорту та внутрішнього попиту.

Відновлюваний або чистий водень (“зелений” водень)

Україна має розвинутий сектор відновлюваної електроенергетики. На кінець 2023 року встановлена потужність об’єктів відновлюваної електроенергетики (з урахуванням потужностей розташованих на тимчасово окупованих територіях) становила близько 10,9 ГВт, з яких:

сонячні електростанції суб’єктів господарювання – 7,1 ГВт;

сонячні електростанції активних споживачів (у тому числі приватних домогосподарств) – 1,5 ГВт;

вітрові електростанції – 1,9 ГВт;

електростанції на біомасі та біогазі – 0,3 ГВт;

малі гідроелектростанції – 0,1 ГВт.

Також в Україні налічується 4,3 ГВт великих гідроелектростанцій.

Зростання обсягів встановленої потужності та обсягів генерації об’єктами відновлюваної електроенергетики протягом 2014–2023 років в Україні відбувалося завдяки створеним державою правових, організаційних та економічних стимулів, а саме запровадження моделі фіксованого “зеленого” тарифу на рівні Закону України “Про альтернативні джерела енергії”. Переважна більшість об’єктів відновлюваної енергетики була побудована у п’яти південних областях (Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська).

Загальний потенціал виробництва відновлюваного водню з енергії сонячного випромінювання та енергії вітру у розрізі областей України наведено у таблиці 3.

Таблиця 3. Обсяги енергетичних ресурсів для виробництва відновлюваного водню за областями

Область	Потенціал виробництва електричної енергії з енергії сонячного випромінювання, млрд кВт·год	Потенціал виробництва електричної енергії з енергії вітру, млрд кВт·год	Потенціал виробництва відновлюваного водню, млн тонн
АР Крим	4,323	60,09	1,274
Вінницька	4,375	36,371	0,806
Волинська	3,324	19,51	0,452
Дніпропетровська	5,266	105,849	2,198
Донецька	4,375	87,949	1,826
Житомирська	4,922	28,893	0,669
Закарпатська	2,108	3,157	0,104
Запорізька	4,485	90,148	1,872
Івано-Франківська	2,294	6,562	0,175
Київська	4,642	32,540	0,735
Кіровоградська	4,057	57,641	1,220
Луганська	4,403	88,503	1,837
Львівська	3,602	21,766	0,502
Миколаївська	4,059	81,584	1,694
Одеська	5,496	94,283	1,973
Полтавська	4,743	39,437	0,874
Рівненська	3,308	21,033	0,481
Сумська	3,933	30,133	0,674
Тернопільська	2,281	18,963	0,420
Харківська	5,183	73,645	1,559
Херсонська	4,696	94,397	1,960
Хмельницька	3,406	28,321	0,628
Черкаська	3,449	28,671	0,635

Продовження таблиці 3

Чернівецька	1,336	6,554	0,156
Чернігівська	5,258	33,433	0,765
Разом	99,323	1189,433	25,489
Територіальні води та внутрішні водойми		984,337	19,468
Всього	99,323	2173,770	44,957

Верховною Радою України 30 червня 2023 р. прийнято Закон України “Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та “зеленої” трансформації енергетичної системи України” (далі – Закон), яким передбачається запровадження нових конкурентних механізмів державної підтримки виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел енергії, зокрема:

підвищення гнучкості аукціонної моделі підтримки виробництва електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії (запроваджено модель контрактів на різницю замість фіксованого тарифу; спрощено умови участі в аукціонах, проведення спеціальних аукціонів на будівництво об’єктів відновлюваної енергетики разом з установками зберігання енергії тощо);

стимулювання розвитку сегмента прямих договорів купівлі-продажу електричної енергії між виробником електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, та споживачами (Corporate PPA’s) як фізичних, так і віртуальних;

запровадження механізму самовиробництва (моделі Net Billing), яка створює умови для розвитку малої розподіленої генерації активними споживачами;

встановлення законодавчих основ для створення і функціонування реєстру гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії.

Закон створює підґрунтя для забезпечення подальшого розвитку відновлюваної енергетики в Україні на ринкових, конкурентних засадах, які відповідають європейським практикам.

Енергетичною стратегією передбачається зростання частки відновлюваних джерел енергії у виробництві електричної енергії до 50 відсотків у 2050 році, що передбачає реалізацію об’єктів відновлюваної енергетики, електрична енергія з яких може бути використана для виробництва відновлюваного водню.

Водночас, реалізація нових об’єктів відновлюваної енергетики безпосередньо для потреб виробництва відновлюваного водню, передбачається окремо від запланованих показників розвитку встановленої потужності об’єктів відновлюваної енергетики для потреб об’єднаної енергетичної системи України.

Разом з тим, передбачається можливість використання електричної енергії з об’єднаної енергетичної системи України для потреб виробництва відновлюваного водню у періоди відсутності обсягів виробництва електричної

енергії, за умови укладання прямих договорів купівлі-продажу електричної енергії та використання гарантій походження. В цьому контексті, важливим є модернізація та подальший розвиток високовольтних підстанцій та електричних мереж систем передачі та розподілу для забезпечення постачання необхідних обсягів електричної енергії для потреб виробництва водню.

Також, може використовуватися біометан як заміна природного газу при виробництві водню шляхом парового риформінгу метану та експортуватися до ЄС. Зокрема, виробничі потужності з біометану можуть бути розміщені на території України, а виробничі потужності з виробництва водню (риформери) на території країни експортера. Вироблений українськими об'єктами біометан може подаватися в українську газотранспортну/газорозподільчі системи, при цьому на відповідний обсяг біометану видаватиметься гарантія походження, яка буде вноситися до реєстру біометану. Відбір та використання природного газу для виробництва відновлюваного водню відбуватиметься на території країни експортера в обсягах, що відповідають закачанним обсягам біометану в мережу на території України, які верифікуються гарантіями походження.

Оскільки на теперішній час домінуюча кількість водню у світі виробляється із використанням технології парового риформінгу метану (природного газу), виробництво екологічно чистого водню із біометану (аналогу природного газу) не потребуватиме будівництва нової транспортної інфраструктури.

Верховною Радою України 21 жовтня 2021 р. прийнято Закон України “Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану”, яким передбачено врегулювання правових, економічних та організаційних засад функціонування біометану на ринку, запровадження гарантій походження біометану.

Низьковуглецевий водень (“рожевий” водень)

В Україні знаходиться чотири атомні електростанції загальною потужністю 13,8 ГВт. Використання атомної енергії для виробництва електричної енергії призводить до мінімального обсягу викидів парникових газів, порівняно із використанням викопних видів палива. Наявна електроенергетична інфраструктура біля існуючих атомних електростанцій є розвинутою та може бути використана для розгортання електролізних потужностей та виробництва низьковуглецевого водню за умови проведення відповідних техніко-економічних розрахунків та обґрунтувань доцільності.

Енергетичною стратегією передбачається продовження терміну експлуатації існуючих атомних енергоблоків, оскільки частина з них закінчує свій термін експлуатації у період 2025–2030 років, та будівництво нових потужностей, включаючи малі модульні реактори, що дозволить зберегти частку виробництва електричної енергії, виробленої з атомної енергії, на рівні 50 відсотків.

Таким чином, використання електричної енергії, виробленої з атомної енергії, для виробництва низьковуглецевого водню є перспективним напрямком для розвитку галузі водневої енергетики в Україні.

Водень на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю (“блакитний” водень)

Виробництво водню на основі викопного палива з уловлюванням вуглецю залежить від наявних обсягів природного газу. На теперішній час видобуток природного газу в Україні становить близько 20 млрд куб. метрів на рік, що дозволяє забезпечити внутрішнє споживання. У майбутньому, в умовах нарощення обсягів видобутку природного газу та реалізації заходів з енергоефективності, Україна може мати надлишки природного газу, який може експортувати до ЄС, а надалі, у разі необхідності та економічної доцільності, використовувати для виробництва на основі викопного палива з технологією уловлювання вуглецю для внутрішніх потреб.

“Білий” водень

У світі існує досвід щодо видобутку водню з підземних джерел, таких як водень, що зберігається у газових родовищах чи в інших геологічних умовах. Цей досвід може використовуватися для видобутку водню збереженого під земною поверхнею або водню, який може бути вироблений на місці з використанням технологічних процесів.

Також, з газових родовищ може бути видобуто водень, який природно зберігається в землі. Деякі резервуари геотермальної енергії містять водень, який може бути видобутий. Метаногенні біомаси та гідрати метану містять великі обсяги водню. Технічне зберігання водню у гірських породах, таке як порожнини в соляних куполах або шари піску, розглядається як можлива опція для зберігання значних обсягів водню.

Перспективи та потенціал видобутку “білого” водню з підземних джерел в Україні потребують проведення наукових досліджень.

2) Транспортування

Існує два основні варіанти транспортування водню або його похідних, а саме трубопроводами (існуючі газові трубопроводи, нові водневі трубопроводи, трубопроводи для водневих похідних) та водним транспортом. Крім того, водень можливо транспортувати залізничним та автомобільним транспортом, у не значних масштабах.

Газоподібний водень зазвичай стискається та транспортується через трубопроводи. Водень зріджений або стиснений, або у вигляді похідних носіїв, таких як ЛОНС, LN_2 , аміак, метанол або синтетичний метан, також може бути транспортований водним транспортом і доставлений до кінцевих точок розвантаження.

Водень може бути введений та/або вилучений в/зі похідних носіїв, що водночас призводить до втрат енергії та збільшення вартості. Після перетворення та якщо водень знаходиться у газоподібній формі, його можна закачати у трубопровідну мережу для транспортування до місць споживання.

Вибір варіанту транспортування залежить від багатьох факторів, які включають вид та вартість носія, відстань, на яку потрібно транспортувати водень, та вимоги безпеки.

Газотранспортна система України одна із найбільш розвинутих в Європі та поєднана із газотранспортними системами країн ЄС, а саме: Польщею,

Словаччиною, Угорщиною та Румунією. Газотранспортна система містить понад 38 тисяч кілометрів трубопроводів, 57 компресорних станцій, 1389 газорозподільних станцій та інших об'єктів інфраструктури. Оператором газотранспортної системи України є Товариство з обмеженою відповідальністю “Оператор газотранспортної системи України”.

Проектна пропускна спроможність газотранспортної системи України становить 281 млрд куб. метрів на рік, а вихідна потужність в напрямку державами-членів ЄС складає 146 млрд куб. метрів на рік.

Загальна протяжність газорозподільних мереж становить близько 290 тисяч кілометрів, операторами яких є 45 операторів газорозподільних систем.

Змішування водню з природним газом та подача в існуючу газову систему, може бути перехідним варіантом для його транспортування. Виклики змішування водню різняться в кожному конкретному випадку і залежать від відсотка водню, який планується закачати в газову мережу. Питання змішування водню з природним газом потребує проведення детальних досліджень, таких як сумісність матеріалів/обладнання, кліматичних та екологічних переваг, обсягів витоків та викидів змішаного газу, а також технічної взаємодії транскордонних потоків.

Рішенням Ради національної безпеки і оборони України від 30 липня 2021 р. “Про заходи з нейтралізації загроз в енергетичній сфері”, введеного в дію Указом Президента України від 28 серпня 2021 р. № 452, передбачено опрацювання питання щодо творення нового водневого продуктопроводу Україна – ЄС та залучення інвестицій для реалізації цього проекту.

Питання будівництва нових водневих трубопроводів потребує детального техніко-економічного обґрунтування з урахуванням аналізу центрів виробництва та споживання водню.

Водночас перспективним для транспортування водню, у вигляді аміаку, є аміакопровід “Гольятті-Одеса”, який проходить по території 6 областей України (Харківська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська області), які мають найбільший потенціал відновлюваних джерел енергії, та його гілка до міста Горлівка (Донецька область). Цей трубопровід може бути використаний для транспортування аміаку, виробленого з українського водню, до міста Одеса та його подальшого експорту за кордон.

Україна має ряд морських портів, які відіграють важливу роль у зовнішньоекономічних зв'язках та транспортній інфраструктурі країни. Основні порти України розташовані на Чорному та Азовському морях. Річка Дунай є одним з найбільш перспективних маршрутів для транспортування українського водню та його похідних до Європейських країн. Приєднання до ланцюга постачання через Чорне море та вихід до річки Дунаю відкриває значні можливості для транспортування водню та його похідних на великі відстані та є альтернативою використанню трубопровідного транспорту. Перехід водного транспорту на використання альтернативних видів палива, наприклад водню,

метанолу чи аміаку, сприятиме створенню інфраструктури закачування водню та його похідних в українських портах.

3) Зберігання

Україна має значний потенціал для зберігання природного газу, переважно у геологічних формаціях, колишніх резервуарах природного газу. Перепрофілювання таких сховищ у майбутньому для зберігання водню може зміцнити конкурентні переваги України як європейського хабу для зберігання енергоносіїв. Крім того, в Україні існують перспективні сольові родовища, у результаті розробки яких утворюються печери, та, окремо, вугільні шахти, які потенційно можуть використовуватися для зберігання водню.

Підземні газові сховища

В Україні налічується 13 підземних сховищ газу, сумарною потужністю 30,95 млрд куб. метрів, яка є найбільшою серед країн Європи. Оператором підземних сховищ газу є акціонерне товариство “Укртрансгаз”.

Існуюча інфраструктура підземних сховищ природного газу потенційно може бути перепрофільована для зберігання водню. З метою оцінки відповідних перспектив, визначення необхідного обсягу інвестицій та часу для модернізації наявних підземних сховищ газу у придатні для зберігання водню, необхідно проведення науково-технічних досліджень фізичної можливості зберігання суміші природного газу та водню у сховищах, які створені у виснажених газових родовищах.

Соляні печери

Соляні печери можуть мати значний об’єм та є герметичними, що дозволяє зберігати водень практично без втрат.

Разом з тим, зберігання водню у соляних печерах потребує розроблення та впровадження технічних рішень для забезпечення безпеки та ефективності зберігання, вивчення та оптимізації процесу зберігання, включаючи питання реакції водню та його взаємодії з соляним середовищем, врахування можливого впливу на навколишнє природне середовище, оцінки вартості та порівняння конкурентоспроможності такого методу зберігання в порівнянні з іншими технологіями.

За своєю геологічною будовою, видобутими запасами кам’яних солей, потужностями соляного купола, об’ємом виробленого простору, підготовленістю гірничих виробок до монтажу обладнання, перспективним для проведення подальших робіт з визначення перспектив зберігання водню є Солотвинське родовище кам’яних солей (Закарпатська область), Стебницьке родовище калійних солей (Львівська область) та Переддобруджська соленосна площа (Ізмаїльський район Одеської області).

Вугільні шахти

В Україні існує понад 150 вугільних шахт, 92 відсотки з яких розміщені у Донецькій, Луганській, Дніпропетровській областях. Шахта являє собою взаємопов’язану виробничу систему підземного господарства і технологічного комплексу поверхні шахти та сягає глибиною до 1,3 – 1,5 кілометра. Вугільні шахти мають значний потенціал для геологічного зберігання водню.

Зберігання водню у соляних печерах, шахтах та інших геологічних формаціях вимагає комплексного підходу, проведення досліджень та детального вивчення всіх аспектів, включаючи технічні, екологічні та економічні питання, враховуючи розташування місць виробництва водню та сховищ, а також відстань між ними.

3. Використання водню на внутрішньому ринку

Стратегія визначає досягнення внутрішнього споживання низьковуглецевого водню в обсягах від 0,1 до 0,5 млн тонн у 2035 році та до 1,5 млн тонн у 2050 році залежно від обсягів попиту на внутрішньому ринку.

1) Електроенергетичний сектор

Об'єднана енергетична система України є однією з найбільших серед країн Європи. Енергетичний мікс складається з атомної генерації (близько 50 відсотків), теплової генерації з використанням вугілля та природного газу (близько 30 відсотків) та відновлюваних джерел енергії, включаючи великі гідроелектростанції (близько 20 відсотків).

Використання низьковуглецевого водню в електроенергетичному секторі є перспективним з метою перенесення профіцитних обсягів виробленої електричної енергії з відновлюваних джерел енергії (виробництво водню) для споживання в енергодефіцитні періоди (виробництво електричної енергії з водню).

З цією метою, водневі об'єкти (електролізери та потужності зберігання водню) можуть використовуватися як установка зберігання енергії відповідно до вимог Закону України “Про ринок електричної енергії”.

В той самий час, у разі використання водню в системі power-gas-power, тобто, перетворення електричної енергії у водень та навпаки, втрати електричної енергії складатимуть близько 70 відсотків, що значно перевищує аналогічні втрати в установках зберігання енергії з використанням літій-іонних батарей (близько 10 відсотків) та гідроакumuлюючих електростанцій (близько 25 відсотків). В таких умовах, використання відновлюваного водню для потреб балансування енергосистеми (особливо – для добового регулювання) є економічно недоцільним.

Поряд з тим, у довгостроковій перспективі, при досягненні частки відновлюваних джерел енергії з негарантованим графіком виробництва електричної енергії в енергобалансі понад 40 відсотків, стане актуальним питання забезпечення сезонного балансування енергосистеми. Тобто, наявності екологічно чистих енергоносіїв для довготривалого зберігання “надлишкових” обсягів електричної енергії, та подальшого використання в енергодефіцитні періоди. Беручи до уваги значні обсяги такої електроенергії, використання відновлюваного водню (навіть з урахуванням значних втрат) може бути економічно доцільним.

Одночасно, водень може використовуватися як паливо замість природного газу для виробництва електричної енергії за умови відповідності технічних характеристик генеруючого обладнання.

2) Сектор теплопостачання

Теплова енергія в Україні переважно виробляється на теплоелектроцентралях та котельних. В Україні налічується понад 19 тисяч котельних, тепла енергія від яких транспортується по 1,9 млн кілометрів трубопроводів та розподіляється через понад 5 тисяч центральних теплових пунктів. Енергетичний баланс у секторі централізованого теплопостачання складається з газу і вугілля, які разом складають 90 відсотків, і близько 10 відсотків біомаси.

Водень може використовуватися як паливо у системах централізованого опалення та постачання гарячої води, які використовують природний газ. При спалюванні водню виділяється тепла енергія та вода, що робить цей енергоносіє перспективним для декарбонізації сектору теплопостачання.

Водень або його суміші з природним газом може використовуватися у системах централізованого теплопостачання для надання послуг з централізованого опалення та централізованого постачання гарячої води, а також локального виробництва теплової енергії.

Використання водню у системах теплопостачання в Україні вимагає проведення досліджень та вирішення ряду технічних, економічних та інфраструктурних питань, зокрема:

технічних питань використання водню в існуючих системах теплопостачання, які включають адаптацію існуючих теплових систем, систем зберігання та транспортування водню, а також відповідності теплогенеруючого обладнання;

безпеки використання водню в системах теплопостачання, включаючи технічні та пожежні аспекти;

економічної доцільності використання водню в порівнянні з іншими джерелами енергії, зокрема тепловими насосами, геліоколекторами та використанням біомаси;

ефективних інструментів стимулювання ринку, зокрема механізмів державної підтримки, які можуть сприяти розвитку та прискоренню використання водню в системах теплопостачання.

3) Транспортний сектор

Легковий автомобільний транспорт

На теперішній час, основним напрямком декарбонізації легкових автомобільних перевезень вважається електрифікація, шляхом використання електромобілів. Разом з тим, ефект зменшення викидів парникових газів залежить від загальної інтенсивності викидів парникових газів енергосистеми, у якій відбувається заряджання відповідного електромобіля.

Водневі технології мають потенціал для застосування у легковому автомобільному транспорті, проте їхнє впровадження стикається з певними викликами та обмеженнями.

Водневі автомобілі, порівняно з електромобілями, мають перевагу у швидкості однієї заправки та більшого запасу ходу. На теперішній час використання водню на транспорті характеризується суттєвими втратами. Так, при безпосередньому використанні електричної енергії в електромобілі під час

заряджання та споживання з акумулятора втрачається близько 30 відсотків енергії. У випадку використання водню, обсяги втрат енергії становлять близько 70 відсотків, а саме близько 35 відсотків під час виробництва шляхом електролізу і транспортування та 35 відсотків під час трансформації у паливному елементі (комірці).

Враховуючи зазначене, перспективи розвитку водневого легкового транспорту в Україні потребують проведення детальних оцінок та досліджень з урахуванням економічної доцільності та енергоефективності, порівняно з іншими альтернативами.

Вантажний автомобільний транспорт

Розвиток вантажних перевезень з використанням водню в Україні може бути частиною стратегії розвитку сталого транспорту та зменшення викидів парникових газів, а також сприяти впровадженню екологічно чистих та інноваційних технологій.

Враховуючи обмежений запас ходу електричних автомобілів на теперішній час, використання водню, попри суттєві втрати, може бути перспективним для вантажних перевезень на тривалі дистанції.

Громадський транспорт

Використання водню у громадському транспорті України може мати значний вплив на декарбонізацію транспортного сектору, сприяючи покращенню якості повітря в населених пунктах та регіонах.

Водень, як паливо для громадського транспорту може використовуватися для досягнення цілей Закону України “Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрзарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів” із забезпечення використання громадського транспорту з низьковуглецевими видами палива до 2036 року.

Разом з тим, при виборі виду джерела енергії для використання на громадському транспорті необхідно оцінювати та порівнювати ефективність водневих технологій та похідних водню з іншими екологічними альтернативами, такими як електричні автобуси, тролейбуси чи трамваї, а також використання біопалив та природного газу у стисnutій формі (CNG), у скрапленій формі (LNG), та скрапленого нафтового газу (LPG).

Інфраструктура заправних станцій для автомобільного транспорту

Розвиток інфраструктури водневих заправних станцій в Україні є важливим етапом для підтримки використання водню як енергетичне джерело та розвитку транспортних засобів на водневому паливі та має включати:

розроблення стратегічних планів та довгострокових стратегій для розвитку водневої інфраструктури, які включають визначення місць розташування заправних станцій з урахуванням головних транспортних магістралей та населених пунктів, а також зростання попиту та технологічного розвитку;

залучення інвестицій та фінансову підтримку для будівництва водневих заправних станцій, що може включати механізми державної підтримки, публічно-приватні партнерства та інші механізми фінансування;

розроблення та удосконалення нормативно-правової бази та стандартів, які регулюють будівництво, експлуатацію та безпеку водневих заправних станцій;

опрацювання можливості інтеграції водневих заправних станцій з існуючою енергетичною інфраструктурою.

У цьому контексті орієнтиром для України є нормативно-правова база ЄС, зокрема Регламент (ЄС) 2023/1804 від 13 вересня 2023 р. щодо розгортання інфраструктури альтернативних видів палива та скасування Директиви 2014/94/ЄС, який передбачає, зокрема, що водневі заправні станції для обслуговування легкових і вантажних автомобілів, мають бути розгорнуті з 2030 року у всіх міських вузлах та кожних 200 кілометрів вздовж основної мережі Транс'європейського транспортного коридору (TEN-T).

Залізничний транспорт

Залізнична мережа України довжиною близько 21 тисячі кілометрів, є однією з найбільших в Європі. До початку повномасштабної агресії Російської Федерації проти України та обстрілів залізничних підстанцій, Українська залізниця була електрифікована на 47 відсотків.

Економічно-ефективним шляхом декарбонізації залізничних перевезень є подальша електрифікація мережі. Використання залізничного транспорту на водневих паливних елементах (комірках) є перспективним на маршрутах, які складно електрифікувати, та потребує подальшого техніко-економічного обґрунтування.

Водночас одним із кроків із впровадження водневих технологій на залізничному транспорті може бути переоснащення залізничної снігоочисної техніки, що укомплектована енергетичними дизельними вагонами, на використання водню.

Водний транспорт

Враховуючи важливість морського і річкового транспорту для економіки України, впровадження водневих технологій може бути частиною стратегії країни у напрямку сталого розвитку та зменшення впливу транспорту на навколишнє природне середовище. Особливості використання водню на водному транспорті включають:

використання водню як палива на морських судах;

використання водню як палива для внутрішнього річкового транспорту;

розвиток інфраструктури для заправки водневих суден у портах.

Питання використання водню для декарбонізації морського та річкового транспорту потребує проведення подальших досліджень з урахуванням технічних, економічних та інфраструктурних викликів.

Повітряний транспорт

Використання водню як палива для повітряного транспорту є альтернативою використанню викопних видів палива, та може сприяти декарбонізації цього сегменту транспортної галузі. На теперішній час існують

технічні, економічні та інфраструктурні виклики, які мають бути вирішені, зокрема, шляхом:

розроблення і вдосконалення технологій, які мають забезпечити безпечно та ефективно використання водню як палива для літаків, що включає розробку нових двигунів та систем зберігання водню;

створення інфраструктури для виробництва, транспортування та заправки водню для літаків, що охоплює будівництво заправних станцій в аеропортах та взаємодію з існуючими інфраструктурними системами;

розв'язання безпекових питань, пов'язаних зі зберіганням та використанням водню як палива в авіації;

опрацювання технічних викликів, пов'язаних із масою та об'ємом водню, який має враховуватися при його транспортуванні та використанні в авіації;

визначення економічної ефективності використання водню порівняно з традиційними викопними видами палива в авіації та іншими альтернативними видами палива;

проєктування та створення нових літаків або модифікація існуючих для використання водню, що може мати в собі переоснащення або створення літаків з новими конструкційними особливостями;

впровадження нових технологій та стандартів у авіації.

4) Промисловість

Україна має розвинуту металургійну та цементну промисловість, виробництво скла та мінеральних добрив. Потреби нафтогазової галузі, хімічної, транспортної та легкої промисловості в метанолі створюють умови для зростання попиту на використання низьковуглецевого водню, зокрема для забезпечення метанолом зазначені галузі, сприяння декарбонізації та утилізації вуглецю шляхом переробки в продукцію з високою доданою вартістю. Використання водню у виробництві хімічної та металургійної продукції є перспективним для підтримки її конкурентоспроможності на європейському та світових ринках, особливо в умовах запровадження СВМ.

Металургія

До 2022 року чавунно-сталева промисловість становила близько 10 відсотків від валового внутрішнього продукту та 33 відсотків від загального обсягу експорту країни. Внаслідок повномасштабної агресії російської федерації проти України виробництво та експорт чавуну та сталі суттєво скоротилося, попри те, що Україна має контроль над значною частиною залізородних активів та виробництвом сталі.

В Україні до повномасштабного вторгнення найбільшу частку сталі (близько 76 відсотків у 2020 році) виплаляли на інтегрованих заводах з доменно-конверторним процесом (BFBOF), при цьому частка електродугового переплаву (EAF) була не значною (менш як 6 відсотків у 2020 році) та продовжувалась виплавка сталі в мартенах, які не є енергоефективними (19 відсотків у 2020 році.). Така структура виробництва впливає на конкурентоздатність української продукції та характеризується високими обсягами викидів парникових газів на одиницю готової продукції.

Два з п'яти найбільших підприємств виробників сталі (близько 40 відсотків ринку) зруйновані внаслідок повномасштабної агресії Російської Федерації проти України, інші працюють частково. Попри короткострокові зупинки деяких підприємств та нові виклики (руйнування Каховської ГЕС та можливі проблеми з дефіцитом водних ресурсів, обстріли та постійні руйнування транспортної інфраструктури), у 2023 році щомісячні обсяги виробництва сталі порівняно з 2022 роком збільшилися на 30–40 відсотків, проте залишаються майже втричі нижчими за аналогічні показники довоєнних періодів.

Використання низьковуглецевого водню, особливо експортерами сталі до держав-членів ЄС, є перспективним для декарбонізації металургійної промисловості та зменшення вуглецевого оподаткування в рамках СВАМ, оскільки зміна в ланцюгах постачання з 2022 року призвела до зміни торговельного балансу, зробивши ЄС основним торговельним партнером України.

Цементна промисловість

Виробництво цементу в Україні у 2022 році скоротилося на 51 відсотків порівняно з 2021 роком – до 5,4 млн тонн, при цьому споживання становило 35 відсотків від показника попереднього року. Експорт продукції до держав-членів ЄС сприяв сповільненню падіння обсягів виробництва. Так, обсяг експорту цементу за підсумками 2022 року скоротився на 3,7 відсотка і становив 935 тисяч тонн, а обсяг імпорту зменшився у 14,8 разів – до 39 тисяч тонн.

Протягом минулого десятиріччя обсяги імпорту цементу до ЄС постійно зростали та досягли у 2020 році близько 694 тисяч тонн на суму близько 32,2 млн євро.

Виробництво клінкеру є найбільш енергоємним та вуглецеємним технологічним процесом в ланцюгу виробництва цементу. На цьому етапі викиди парникових газів пов'язані зі спалюванням викопного палива в печах та розкладанням природних карбонатів.

Протягом останніх 15 років у цементній галузі України відбулося декілька процесів. З одного боку, під тиском високих цін на природний газ виробники проводили технічну та технологічну модернізацію виробничих потужностей, зокрема, перевели виробництво з “мокрої” на “суху” технологію виробництва клінкеру, а також збільшували обсяги виробництва та частку некарбонатних компонентів в цементі, що знизило енергоємність та вуглецеємність цементу.

З іншого боку, під дією тих самих факторів природний газ був замінений на вугілля, яке дешевше, але це призвело до збільшення обсягів викидів парникових газів. Також, для зниження собівартості підприємства частково проводили заміну вугілля різного виду відходами (синтетичним моторним паливом з побутових відходів, відпрацьованими автомобільними шинами, відпрацьованим та некондиційними мастилами тощо).

Українські підприємства у 2022 році виробляли 16 типів цементів, серед яких найбільш популярними були цементи зі шлаком. При цьому виробники продовжують шукати шляхи збільшення ефективності композиційних

портландцементів у разі зниження частки клінкеру, що є одним із головних факторів зниження викидів парникових газів.

В процесі післявоєнного відновлення попит на цемент у будівництві буде стрімко зростати і водень може стати кращою альтернативою за ті, які існують зараз: використання подрібнених відходів від руйнувань (лінолеумів, килимових покриттів, поліетилену, гуми, дерева, пластику, руберойду тощо) для спалювання в цементних печах як альтернативне паливо для декарбонізації виробничих процесів.

Використання низьковуглецевого водню виробниками цементу є перспективним для декарбонізації промисловості та зменшення вуглецевого оподаткування в рамках СВАМ.

Хімічна промисловість

Виробництво аміаку та аміачної селітри становить значну частину хімічної промисловості України та переважно використовується для виробництва добрив. Україна входить до десяти провідних держав-виробників аміаку та азотних добрив. У минулі роки від 3 до 6 млрд куб. метрів природного газу щорічно перероблялось на водень в технологічних процесах виробництва хімічних речовин.

До початку 2022 року Україна забезпечувала транзит аміаку, що вироблявся в Російській Федерації через аміакопровід “Тольятті-Одеса”. Одеський Припортовий Завод є одним з найбільших виробників аміаку в Україні. Порт Южний (Південний) відіграє важливу роль у світовому експорті аміаку, слугуючи основним орієнтиром для галузі, має виняткові можливості для перевантаження аміаку й метанолу, та прямий доступ до міжнародних ринків.

Використання низьковуглецевого водню у хімічній промисловості є перспективним для її декарбонізації та зменшення вуглецевого оподаткування в рамках СВАМ.

Виробництво метанолу

До початку 2022 року в Україні функціонувало одне підприємство, розташоване у місті Северодонецьк, що займалося виробництвом метанолу, однак його діяльність наразі призупинено. Найбільшим споживачем метанолу в Україні є Акціонерне товариство “Укргазвидобування”. Метанол використовується з метою боротьби та попередження гідратуутворення в газопроводах в процесі видобутку та транспортування природного газу, для випробування нових свердловин і свердловин після капітального ремонту тощо. З 2014 року попит на метанол переважно забезпечується за рахунок імпорту. За підсумками 2020 року, Україна імпортувала 55 тисяч тонн метанолу, переважна більшість якого надходила із Російської Федерації. Після початку повномасштабної агресії за підтримки міжнародних партнерів Україна налагодила новий маршрут постачання метанолу автотранспортом з ЄС.

Разом з тим, ринок похідних метанолу, включає формалін, карбамідо-формальдегідний концентрат (КФК), карбамідо-формальдегідні смоли (КФС), синтетичний каучук, штучні волокна, синтетичне рідке паливо (СРП), уротропін, етилен, пропілен; похідні 1,4 – бутандіолу: політетраметиленетергліколь (ПТМЕГ), полібутилентерефталат (ПБТ), гаммабутиролактон (ГБЛ).

Споживачами похідних метанолу є хімічна, деревообробна, електротехнічна, технічна промисловість, виробництво гуми та біопалив тощо. З цих 12 продуктів – похідних метанолу й 1,4 – бутандіолу – в Україні виробляються тільки 5, інші на внутрішньому ринку представлені виключно імпортом і мають потенціал для заміщення.

Протягом останніх років критична роль метанолу для функціонування сфери видобутку газу зросла. Нині родовища забезпечуються метанолом від великих виробників, розташованих на великій відстані від родовищ. Тому для України є важливим локалізація виробництва метанолу, у тому числі з використанням низьковуглецевого водню, на модульних установках безпосередньо на газових родовищах, що сприятиме зменшенню логістичних та екологічних ризиків, є економічно обґрунтованим та сприятиме зменшенню імпортової залежності від імпорту.

5) Експорт водню

Стратегія визначає досягнення обсягів експорту низьковуглецевого водню в обсягах від 0,8 до 1,2 млн тонн у 2035 році та від 1,5 до 2,8 млн тонн у 2050 році, залежно від обсягів попиту держав імпортерів.

Основним ринком для експорту українського водню є ринок ЄС.

Цільова інфраструктура для імпорту водню до ЄС планується у трьох пріоритетних коридорах постачання, а саме Середземноморському, регіоні Північного моря та з України.

28 листопада 2023 р. Європейська Комісія ухвалила перший список проєктів спільного інтересу (PCI) і проєктів взаємного інтересу (PMI), який повністю відповідає цілям Європейського зеленого курсу, до складу якого включено Центральноєвропейський водневий коридор, який має забезпечити конкурентоспроможне транспортування відновлюваного водню з України через Словаччину та Чехію до Німеччини та інших країн ЄС. Реалізація проєкту планується до 2030 року.

Разом з тим, питання реалізації Центральноєвропейського водневого коридору потребує значних обсягів фінансування. Тому, важливим є проведення переговорів з ЄС щодо спільної реалізації цього проєкту.

Також, потребує проведення детальних досліджень та оцінки можливості транспортування водню, змішаного з природним газом, до держав-членів ЄС, з урахуванням поточного стану наявної газової інфраструктури.

Важливим є приєднання України до проєкту “Блакитний Дунай” в рамках ініціативи “Водень для кліматичних дій”, метою якого є створення ланцюжка виробництва, транспортування та використання водню вздовж річки Дунай, поєднуючи її з річкою Рейн і Чорним морем, а також з’єднуючи європейські газові трубопровідні мережі з морськими портами.

Проєкт “Блакитний Дунай” реалізується компанією Verbund, найбільшим в Австрії виробником електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, для виробництва, транспортування та використання відновлюваного водню промисловими споживачами та в транспортному секторі, а також отримав підтримку ЄС у рамках загальноєвропейської програми IPCEI (важливі проєкти спільного європейського інтересу).

III. Проблеми розвитку водневої галузі в Україні та шляхи їх вирішення

1. *Забезпеченість водними ресурсами*

Україна серед країн Європи є однією з найменш забезпечених водними ресурсами (за запасами води, доступними для використання в Україні, у середньо водні роки на людину припадає 1,09 тисячі куб. метрів, а у маловодні – 0,62 тисячі куб. метрів води. За визначенням Європейської економічної комісії Організації об'єднаних Націй, держава, водні ресурси якої не перевищують 1,5 тисячі куб. метрів річного стоку на людину, вважається водонезабезпеченою). Централізованим водопостачанням забезпечено лише 69 відсотків населення.

В Україні на одного жителя припадає менш як 2 тисяч куб. метрів на рік, що є одним з найменших показників в Європі. Крім того, водні ресурси розподілені нерівномірно по території, а також в часі. Велика частина річкового стоку проходить під час весняної повені від 60 – 70 відсотків на півночі та північному сході до 80 – 90 відсотки на півдні України. За рівнем дефіциту води Україна займає 85 (низький-середній) місце з 164.

Питання водозабезпечення населення і галузей економіки в Україні вирішується шляхом регулювання стоку і перерозподілу його протягом року і навіть декількох років.

З метою забезпечення населення та галузей економіки необхідною кількістю води в Україні збудовано 1103 водосховища загальним об'ємом понад 55 млрд куб. метрів та близько 49 тисяч ставків, 7 великих каналів довжиною 1021 кілометр з подачею по них 1000 куб. метрів на секунду води, водоводи великого діаметра, якими вода надходить у маловодні регіони України. Проте, у зв'язку з втратою Каховського водосховища, Північнокримський та Каховський магістральний канали залишились без джерела води для споживачів.

Водосховища займають 9,5 тисяч кв. кілометрів площі країни та утримують 55,32 куб. кілометрів води (величина повного об'єму). Вони утримують об'єм води, який перевищує середній багаторічний стік Дніпра, або ж водні ресурси країни, які формуються на її території у середні за водністю роки. Корисний об'єм водосховищ, який використовується для регулювання стоку і забезпечення потреб водогосподарського комплексу, становить 26,65 куб. кілометрів, ця величина перевищує величину місцевого стоку, що формується на території України в дуже маловодний рік (95 відсотків забезпеченості).

Більша частина зарегульованого стоку в Україні акумульована в Дніпровському каскаді водосховищ, загальний та корисний об'єм якого становили до підриву Каховської ГЕС та входження річки Дніпро у природне русло, відповідно 43,8 та 18,5 куб. кілометрів. Без урахування Каховського водосховища загальний об'єм Дніпровського каскаду водосховищ становить 25,7 куб. кілометрів, а корисний - 11,7 куб. кілометрів.

До найбільш великих водосховищ (без урахування дніпровського каскаду) відносяться Дністровське водосховище на річці Дністер об'ємом

3,0 млрд куб. метрів, Печенізьке на річці Сіверський Донець - 384 млн куб. метрів, Карачунівське на річці Інгулець - 308,5 млн куб. метрів.

З метою забезпечення водою маловодних регіонів України збудовані канали та великі водоводи для перерозподілу стоку основних водних артерій. Найбільший обсяг перерозподілу стоку здійснюється за рахунок води річки Дніпро. Поверхневий стік р. Дніпро в 2020 році в створі Каховської ГЕС становив 17,8 куб. кілометрів, у маловодні регіони магістральними каналами перекинуто 1,96 куб. кілометрів води, з яких на зрошення – 1,31 куб. кілометрів, на комунальні потреби – 0,06 куб. кілометрів.

Моніторингові спостереження фіксують погіршення якості води у природних водних об'єктах та прогресуюче погіршення екологічного стану річкових басейнів. Погіршення якості води у поверхневих водних об'єктах характеризується зростанням мінералізації, вмісту сполук азоту, фосфатів, сульфатів та хлоридів, забрудненням вірусологічними та бактеріологічними чинниками, наслідком чого є щорічне прогресуюче “цвітіння” води, у тому числі через значні обсяги скидання недостатньо очищених стічних вод.

Подальше зменшення поверхневого та річкового стоку та погіршення якості поверхневих вод у напрямі збільшення мінералізації та метаморфізації їх хімічного складу, спричинить зменшення запасів поверхневих вод, придатних для питного водопостачання та інших цілей водокористування.

Враховуючи наявний дефіцит водних ресурсів для виробництва водню доцільним вбачається використовувати в першу чергу воду, яка несе загрозу гідроекосистемі, а саме шахтно-кар'єрну воду з високою мінералізацією (скидну воду гірничо-збагачувальних комбінатів, підприємств добувної промисловості, хвостосховищ).

Також достатньо великий потенціал водних ресурсів для виробництва водню має Чорне та Азовське моря. Місця забору морської води можна розташовувати по всьому узбережжю в залежності від знаходження джерел електропостачання.

Крім того, перспективними місцями забору прісної води є гирлові ділянки річок Дніпро, Дунай та Дністер.

Разом з тим, питання детального визначення локацій об'єктів водневої енергетики з достатнім рівнем забезпеченості водними ресурсами, із зазначенням їх обсягів та параметрів хімічного складу, шляхів та заходів забезпечення водними ресурсами проєктів з виробництва водню, а також ризиків щодо сталості забезпечення водними ресурсами та інших екологічних змін внаслідок реалізації проєктів з виробництва водню, потребують додаткових цільових досліджень та наукового опрацювання.

2. Обмеженість використання

Використання водню стикається з кількома викликами та перешкодами:

поточні обсяги водню у світі виробляються з використанням природного газу у процесі парового риформінгу метану, що призводить до викидів вуглекислого газу. На шляху до сталого виробництва водню важливо розвивати методи, такі як електроліз води, які використовують відновлювану енергію;

процеси виробництва водню, особливо традиційний паровий риформінг метану, вимагають значної кількості енергії, що може визначати екологічну ефективність водневої технології;

водень має високий коефіцієнт об'ємного та масового зберігання, що робить його складним для транспортування та зберігання. Визначення та створення ефективних та безпечних технологій зберігання та транспортування водню є ключовими завданнями;

водень досить дорогий у виробництві, транспортуванні та зберіганні порівняно з іншими енергетичними джерелами. Зниження собівартості виробництва водню сприятиме його ширшому використанню;

для розвитку водневої енергетики потребується розвиток інфраструктури, яка включає в себе заправні станції, системи транспортування, розподілу та зберігання водню;

технологічні аспекти, такі як розробка високоефективних електролізерів та технологій безпечного зберігання водню, є важливими для розвитку водневих технологій.

Розвиток водневої енергетики потребує широкого співробітництва між державою, суб'єктами господарювання, науковими установами та закладами вищої освіти для подолання цих викликів та перешкод з метою створення сталого та конкурентоспроможного водневого сектору економіки.

3. Фінансування розвитку водневої енергетики

За попередніми оцінками, інвестиційні потреби для електролізного потенціалу 10 ГВт можуть становити до 13,5 млрд доларів Сполучених Штатів Америки, які залежать від багатьох факторів, не враховуючи обсяги фінансування об'єктів відновлюваної генерації та супутньої інфраструктури.

Собівартість відновлюваного водню залежить від наступних чинників: розміру інвестиційних витрат на електролізери, їх потужності, кількості операційних годин, та ключовим із них – вартості електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії.

До 2020 року інвестиційні витрати на лужний електролізер становили близько 650 – 1000 доларів Сполучених Штатів Америки за кВт. Тому, враховуючи порівняно високі витрати на будівництво електролізерів, для забезпечення конкурентної вартості відновлюваного водню, у порівнянні з воднем, виробленим з викопних видів палива, необхідно використання дешевої електроенергії з відновлюваних джерел (близько 0,02 долара Сполучених Штатів Америки за кВт).

Разом з тим, наразі середньозважена вартість електричної енергії з відновлюваних джерел енергії за “зеленим” тарифом в Україні становить близько 0,12 долара Сполучених Штатів Америки за кВт. Щодо світових цін на електричну енергію вироблену з відновлюваних джерел, то, за результатами аукціонів, вартість електричної енергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання та енергії вітру, коливається у діапазоні 0,04 – 0,06 долара Сполучених Штатів Америки за кВт·год. Потенційно така вартість може бути досягнута і в Україні, у тому числі шляхом проведення аукціонів з розподілу квоти підтримки.

Разом з тим слід звернути увагу, що в Україні ціна електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, є потенційно вищою через інвестиційні ризики, пов'язані із високими політичними, у тому числі військовими ризиками, вищою вартістю капіталу в Україні тощо. Тому, для досягнення низької ціни електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, необхідно вжиття заходів із покращення інвестиційного клімату та створення механізму страхування військових ризиків.

Слід зазначити, що електрична енергія з відновлюваних джерел може постачатися до електролізера безпосередньо від об'єкта відновлюваної енергетики або з енергосистеми. Водночас лише постачання електроенергії безпосередньо від об'єкта відновлюваної енергетики може гарантувати, що вироблений водень є повністю відновлюваним. Разом з тим, враховуючи нестабільність виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел енергії, кількість операційних годин роботи електролізера може бути значно нижчою за проєкту, що призводитиме до збільшення собівартості водню. Важливим є визначення оптимальних потужностей електролізерів у комбінації з потужностями відновлюваних джерел енергії, особливо сонячної та вітрової, що дозволить максимізувати кількість операційних годин роботи електролізера, забезпечуючи максимальні обсяги виробництва водню при найнижчій собівартості.

Для роботи електролізера на номінальній потужності потребується постачання електричної енергії з енергосистеми. Водночас така електрична енергія може бути виробленою з використанням традиційних джерел, як наслідок, отриманий водень не буде повністю відновлюваним. Для врегулювання цього питання необхідно запровадження механізму гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, сертифікації та підтвердження походження водню.

4. Сертифікація та підтвердження походження водню

Відсутність єдиних глобальних стандартів та сертифікації різних типів водню є значним викликом для розвитку низьковуглецевої водневої галузі у світі. На теперішній час вимоги до сертифікації відрізняються в кожному регіоні світу, що стає перешкодою для розвитку глобального ринку водню. Існує потреба у впровадженні єдиних міжнародно визнаних стандартів сертифікації водню, що залишається викликом, через різні амбіції та фокуси країн, які спрямовані на розвиток лише відновлюваного водню або надають йому значно вищу підтримку, тоді як інші мають амбіції та чіткий фокус на використання низьковуглецевого водню. Запровадження єдиної системи сертифікації сприятиме розвитку ринків як відновлюваного, так і низьковуглецевого водню паралельно.

Для успішної реалізації глобальної водневої економіки важливим є запровадження гармонізованого підходу, який надаватиме потенційним учасникам ринку уніфіковану систему, на яку можна розраховувати при прийнятті інвестиційних рішень. Гармонізовані системи сертифікації сприятимуть мінімізації витрат на виконання вимог для розробників відповідних

проектів та виробників обладнання, а також дозволять збільшити можливості для розвитку галузі.

Україна має впроваджувати національні вимоги до сертифікації та підтвердження походження водню відповідно до світових практик, в першу чергу вимог ЄС.

Законом внесені зміни до Закону України “Про альтернативні джерела енергії” в частині, зокрема, запровадження механізму видачі, обігу та погашення гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії.

Також, Законом України від 21 жовтня 2021 р. “Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану”, внесені зміни до Закону України “Про альтернативні види палива” в частині, зокрема, запровадження механізму видачі, передачі, розподілу та анулювання гарантій походження біометану (в тому числі скрапленого або стисненого).

Враховуючи наявність законодавства щодо механізмів гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлених джерел енергії, та біометану, має бути запроваджено механізм гарантій походження водню відповідно до вимог Директиви (ЄС) 2018/2001 про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел (нова редакція), який дозволить забезпечити підтвердження походження водню відповідно до типу його виробництва, а також забезпечити взаємодію реєстрів гарантій походження для унеможливлення подвійної видачі гарантій походження на енергію, вироблену з відновлюваних джерел енергії. Важливим є процес визнання українських гарантій походження державами-членами ЄС з подальшою інтеграцією українських реєстрів з європейськими.

Для розвитку водневої галузі в Україні необхідно розроблення нормативно-правової бази, яка визначатиме правила та стандарти для виробництва, зберігання, транспортування та використання водню. Основні аспекти, які мають бути включені в таку базу, включають:

- встановлення енергетичних та екологічних стандартів для виробництва та використання водню з метою забезпечення ефективності та прийняттого обсягу викидів парникових газів;

- розроблення технічних та безпекових стандартів для виробництва, зберігання, транспортування та використання водню, які враховують його особливості;

- визначення фінансових механізмів та економічних стимулів для підтримки розвитку водневої галузі, зокрема стимулювання виробництва та використання водню;

- внесення змін до законодавства України, що сприятиме розвитку інфраструктури для виробництва, зберігання, транспортування та споживання водню, включаючи заправні станції та мережі трубопроводів;

- встановлення правил та стандартів, які відповідають міжнародним нормам та забезпечують співробітництво з іншими країнами у галузі водневої енергетики.

Крім визначення технічних та екологічних стандартів водневої енергетики, зміни до законодавства України мають включати класифікацію виробництва низьковуглецевого водню, що дозволить інтегрувати водневі технології в існуючу енергетичну систему.

На першому етапі потребується розроблення та прийняття законопроєкту, який врегулює правові, економічні та організаційні засади функціонування водневої енергетики в Україні, а також визначатиме перелік необхідного вторинного законодавства.

IV. Дорожня карта реалізації стратегічних цілей

1. Стратегічні цілі, етапи та показники їх реалізації

Ключовими стратегічними цілями України у сфері розвитку водневої енергетики є:

використання низьковуглецевого водню на внутрішньому ринку для декарбонізації секторів, які складно електрифікувати;
експорт відновлюваного водню до Європейських країн;
посилення інтеграції України з енергетичними ринками ЄС.

1) Завдання та етапи досягнення поставлених цілей

Досягнення стратегічних цілей передбачається у три етапи, шляхом виконання заходів, визначених Операційним планом заходів з реалізації Стратегії (далі – Операційний план).

I етап реалізації Стратегії до 2026 року (створення передумов)

Створення нормативно-правової бази для забезпечення подальшого розвитку водневої енергетики в Україні шляхом внесення змін до законодавства та підзаконних нормативно-правових актів, у тому числі шляхом імплементації законодавства ЄС, зокрема:

Директиви (ЄС) 2023/2413 від 18 жовтня 2023 р. про внесення змін до Директиви (ЄС) 2018/2001, Регламенту (ЄС) 2018/1999 та Директиви 98/70/ЄС щодо сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел та скасування Директиви Ради (ЄС) 2015/652;

Регламенту (ЄС) 2023/1804 від 13 вересня 2023 р. щодо розгортання інфраструктури альтернативних видів палива та скасування Директиви 2014/94/ЄС;

Регламенту (ЄС) 2023/1805 від 13 вересня 2023 р. щодо використання відновлюваного та низьковуглецевого палива на морському транспорті та внесення змін до Директиви 2009/16/ЄС;

Делегованого регламенту Комісії (ЄС) 2023/1184 від 10 лютого 2023 р., що доповнює Директиву (ЄС) 2018/2001 шляхом встановлення методології Союзу, яка визначає детальні правила виробництва відновлюваних рідких та газових транспортних палив не біологічного походження;

Делегованого регламенту Комісії (ЄС) 2023/1185 від 10 лютого 2023 р., що доповнює Директиву (ЄС) 2018/2001 щодо мінімального обсягу для скорочення викидів парникових газів від палива з переробленого вуглецю;

законодавчого пакета з питань водню та декарбонізованих газів, анонсованого ЄС.

Оцінка можливостей запровадження схем державної підтримки для стимулювання виробництва низьковуглецевого водню.

Оцінка забезпеченості водними ресурсами для подальшого визначення місць розташування об'єктів водневої енергетики з достатнім рівнем забезпеченості водою.

Запровадження системи сертифікації та підтвердження походження водню та гармонізація із Європейськими стандартами.

Розроблення детальних планів щодо використання водневих технологій в електроенергетичному секторі, секторі теплопостачання, транспортному секторі та промисловості.

Створення науково-дослідного центру розвитку водневої енергетики в Україні.

Оцінка можливості змішування водню з природним газом та закачування в існуючу газову інфраструктуру України.

Оцінка готовності існуючих підземних сховищ газу України для зберігання водню та визначення необхідних інвестиційних потреб.

Дослідження можливості розробки та впровадження пілотного проєкту із зберігання водню з використанням соляних печер та/або вугільних шахт.

II етап реалізації Стратегії до 2035 року (становлення галузі)

Реалізація пілотних проєктів з виробництва відновлюваного водню.

Досягнення щонайменше 5,5 ГВт потужностей електролізерів для виробництва 0,9 млн тонн низьковуглецевого водню на рік, залежно від попиту на внутрішнє споживання та обсягів експорту шляхом залучення приватних інвестицій.

Встановлення щонайменше 9 ГВт цільових вітрових електростанцій та щонайменше 3,5 ГВт цільових сонячних електростанцій для виробництва відновлюваного водню шляхом залучення приватних інвестицій.

Продовження прийняття та удосконалення нормативно-правової бази і стандартів з урахуванням досвіду попередніх етапів, наявності новітніх розробок та рівня розвитку водневих технологій.

Розроблення та затвердження десятирічних планів розвитку системи передачі електроенергії та газотранспортної системи з урахуванням розвитку водневої інфраструктури.

Розроблення та затвердження п'ятирічних планів розвитку систем розподілу електроенергії та десятирічних планів розвитку газорозподільних систем з урахуванням розвитку водневої інфраструктури.

Запуск ринку водню, гармонізованого з правилами ЄС.

Початок експорту відновлюваного водню до держав-членів ЄС у 2030 році.

Початок експорту відновлюваного водню із використанням водного транспорту, у тому числі в рамках проєкту "Блакитний Дунай".

Створення мережі водневих заправних станцій для автомобільного транспорту.

III етап реалізації Стратегії до 2050 року (сталий розвиток)

Реалізація щонайменше 10 ГВт потужностей електролізерів для виробництва щонайменше 1,65 млн тонн низьковуглецевого водню на рік, залежно від попиту на внутрішнє споживання та обсягів експорту шляхом залучення приватних інвестицій.

Встановлення щонайменше 20 ГВт цільових вітрових електростанцій та 5 ГВт цільових сонячних електростанцій для виробництва відновлюваного водню шляхом залучення приватних інвестицій.

Забезпечення експорту відновлюваного водню до держав-членів ЄС.

Продовження прийняття та удосконалення нормативно-правової бази і стандартів з урахуванням досвіду попередніх етапів, наявності новітніх розробок та рівня розвитку водневих технологій.

2) Пілотні проєкти та ініціативи

“Воднева долина” Закарпаття

Об’єкт з виробництва відновлюваного водню планується побудувати в Закарпатській області. Проєкт розташовуватиметься поряд з електроенергетичною та газовою інфраструктурою та матиме доступ до водних ресурсів.

На початковому етапі передбачається створення маломасштабного локального водневого ланцюга вартості, а подальші етапи включають масштабне виробництво відновлюваного водню потужністю від 100 МВт до 1,5 ГВт з перспективою постачання водню до Європейських споживачів.

Проєкт є частиною ініціативи зі створення Словацько-Української водневої долини, яка виступатиме ключовим елементом для виробництва відновлюваного водню та його транспортування з України до Європейських країн через Центральноевропейський водневий коридор

У листопаді 2023 року проєкт був сертифікований Mission Innovation and Clean Hydrogen Partnership, завдяки чому став доступним на платформі Global Hydrogen Valley.

“Воднева долина” місто Рені

Проєкт із будівництва заводу з виробництва відновлюваного водню поруч з містом Рені в Одеській області. Наразі завершені техніко-економічні розрахунки та проведена оцінка регіонального потенціалу відновлюваних джерел енергії. Розглянуто можливості будівництва заводу з встановленою електролізерною потужністю чергами 100 МВт, 200 МВт та 3000 МВт.

Регіональні водні ресурси, в тому числі ресурси річки Дунай достатні для водопостачання такого заводу без створення водного дефіциту. Завершене попереднє інженерне проєктування на земельній ділянці, що враховує можливість будівництва заводу електролізерною потужністю 100 МВт, включаючи масштабування до 200 МВт. Виконана оцінка технічної доцільності будівництва об’єктів відновлюваної енергетики (вітрових і сонячних електростанцій) загальною потужністю двох черг – 400 МВт, з метою постачання електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, для виробництва водню шляхом електролізу.

Проект офіційно визнано та сертифіковано Mission Innovation та Clean Hydrogen Partnership, а також опубліковано на платформі для розробників водневих проєктів Mission Innovation Hydrogen Valley Platform 2.0.

Водневий проєкт місто Новояворівськ

Проект розміщений у Львівській області біля міста Новояворівськ, передбачає реалізацію 90 МВт потужностей електролізерів. Додатково передбачається реалізація 50 МВт об'єктів електроенергетики, які виробляють електричну енергію з енергії вітру.

Водневий проєкт селище міського типу Дашава

В рамках меморандум між Товариством з обмеженою відповідальністю “Еко-Оптіма” та Товариством з обмеженою відповідальністю “Оператор газотранспортної системи України”, Акціонерним товариством “Укртрансгаз”, акціонерним товариством “Національна акціонерна компанія “Нафтогаз України”, RAG Austria AG, Open Grid Europa GmbH, Gas Connect Austria GmbH, Bayerngas GmbH, Eustream a.s., Nafta a.s., Bayernets GmbH, щодо проєкту H2EU+Store, передбачається розгортання виробництва відновлюваного водню поруч з селищем міського типу Дашава Стрийського району Львівської області. Наразі оформлений дозвіл на спеціальне водокористування, в експлуатації знаходяться дві електричні підстанції та підключений до мережі газопровід високого тиску.

На першому етапі планується запуск 4 електролізерів одиничною потужністю 28 МВт із загальною потужністю 112 МВт. До 2030 року проєкт передбачає масштабування виробництва та реконструкцію однієї з гілок газової мережі з метою приєднання до Центральноєвропейського водневого коридору.

Водневий проєкт Приватне акціонерне товариство “Укргідроенерго”

Приватне акціонерне товариство “Укргідроенерго” разом з німецькою компанією Andritz Hydro GmbH опрацьовують реалізацію проєкту з виробництва в Україні відновлюваного водню потужністю 5-10 МВт на гідроенергетичних об'єктах компанії. Після реалізації пілотного проєкту передбачається реалізація довгострокового проєкту потужністю 20-100 МВт.

Потенційний проєкт у зоні відчуження Чорнобильської АЕС

Стратегією розвитку територій у зоні відчуження і зоні безумовного (обов'язкового) відселення на 2024-2032 роки, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 січня 2024 р. № 49 (Офіційний вісник України, 2024 р., № 17, ст. 1110), визначено, що розміщення об'єктів відновлюваної енергетики в зоні відчуження дасть змогу ефективно використовувати зазначену територію та наявну розвинуту інфраструктуру майданчика Чорнобильської АЕС, зокрема об'єктів електроенергетики (електричних підстанцій, електричної мережі).

Реалізація Стратегії не обмежується зазначеними пілотними проєктами.

Втілення зазначених ініціатив відбуватиметься з урахуванням вимог вітчизняного законодавства, особливо у сфері охорони навколишнього природного середовища.

Зазначена стратегія визначає перспективним реалізацію пілотного проєкту з отримання відновлюваного водню, виробленого з використанням технологій відновлюваної енергетики

3) Постачання обладнання для потреб водневої енергетики та локалізація виробництва

Враховуючи стратегічні цілі з виробництва водню в Україні, зростатиме потреба в обладнанні для виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел енергії, установок зберігання енергії, електролізерів, мережевої інфраструктури тощо.

Україна зацікавлена у створенні на своїй території потужностей для виробництва вітчизняного обладнання. Це дозволить створити нові робочі місця всередині держави та зменшити імпорту залежність від поставок обладнання.

4) Проведення досліджень та розвиток інновацій

Завдання наукових досліджень, пов'язаних із водневою енергетикою, мають бути сфокусовані довкола системної інтеграції, розробки технологічних інновацій, розширення компонентів та міжсекторальних ідей. Заходи щодо системної інтеграції охоплюють напрямки, пов'язані з системами транспорту, електро- та тепlopостачання та виробничо-збутового ланцюга, до якого належать виробництво, зберігання та транспортування водню, а також інтеграція водневих заправних станцій в наявну транспортну інфраструктуру.

Актуальною є робота спеціалізованих підрозділів, що може проявлятися у виробництві складних пристроїв, таких як електролізне обладнання, паливні елементи (комірки), турбіни та інше устаткування, що потребує технологічних інновацій. Під розробкою компонентів розуміється проєктування та виготовлення спеціалізованих компонентів і технологічних вузлів. Пріоритетом у цій галузі є розробка конкурентоспроможних, зокрема для експорту, вітчизняних технологій та продуктів, що можуть використовуватися в глобальних виробничо-збутових ланцюжках.

Актуальними є наукові дослідження, пов'язані з системною інтеграцією водневих технологій, зокрема:

визначення локацій та проведення геологічних досліджень для будівництва підземних сховищ водню в соляних формаціях;

оцінка придатності внутрішньої інфраструктури для транспортування та зберігання водню, зокрема ЛОНС, LH_2 , а також трансформація водню в аміак, метанол та інші похідні;

проєктування та створення установок зберігання енергії з використанням водню;

розвиток виробництва низьковуглецевого водню (ефективність електролізного обладнання, дослідження потреби у водних ресурсах, зниження капітальних та операційних витрат);

розвиток та створення систем тепло- та електропостачання, зокрема паливних елементів (комірок) та турбін/котлів, що працюють з використанням водню для виробництва теплової енергії, електричної енергії, охолодження та у секторі транспорту;

системна інтеграція транспортних рішень, пов'язаних із воднем, та розвиток інфраструктури водневих заправних станцій.

У рамках системної інтеграції водневої енергетики має поєднуватися робота спеціалізованих підрозділів, ідеї матеріалознавства, інженерні розробки різних компонентів, міжсекторальна діяльність. Під час оцінки кожної пропозиції щодо наукових досліджень та робіт має враховуватися нарощування експортного потенціалу вітчизняних виробників та відповідні показники ефективності.

З метою створення передумов для розвитку водневої енергетики в Україні, має бути створено національний науково-дослідний центр розвитку водневої енергетики, який має поєднати зусилля органів державної влади, суб'єктів господарювання, науково-дослідних установ та закладів вищої освіти. Ключовими напрямками досліджень такого водневого центру передбачається:

- аналіз можливостей використання водню як замінича природного газу у різних секторах економіки;

- аналіз перспектив використання водню у транспортному секторі;

- опрацювання механізмів сертифікації водню та підтвердження його походження;

- опрацювання шляхів транспортування водню до/з України;

- оцінка вартості виробництва відновлюваного водню в Україні із визначенням собівартості та технічних характеристик (в рамках ізольованих об'єктів відновлюваної енергетики та із використанням електричної енергії з мережі);

- оцінка вартості виробництва теплової енергії з водню, аналіз технічних характеристик, собівартості та можливостей масштабування відповідних проєктів;

- оцінка економічної доцільності діяльності водневих установок для потреб балансування енергосистеми як установки зберігання енергії на ринку електричної енергії.

5) Популяризація водневої енергетики та підготовка кадрів

Розвиток водневої енергетики має бути підкріплений послідовною державною інформаційною політикою, яка сприятиме підвищенню сприйняття використання низьковуглецевого водню, як важливої складової енергетичного переходу. Інформаційна політика формується та реалізується через створення зв'язків органів державної влади, органів місцевого самоврядування і громадськості шляхом:

- популяризації важливості покращення стану навколишнього природного середовища шляхом відмови від використання викопних видів палива та збільшення використання відновлюваних джерел енергії та низьковуглецевого водню;

- проведення інформаційних кампаній та заходів щодо популяризації використання низьковуглецевого водню;

- створення та поширення інформації щодо української водневої енергетики для ознайомлення потенційних виробників та споживачів водню.

Робота над підготовкою кадрів для сфери водневої енергетики має включати:

забезпечення науково-технічної, методичної, інформаційної та аналітичної бази для підготовки спеціалістів за всіма напрямками розвитку водневої енергетики;

організацію освітньої системи як спеціальної технічної, так і загальної;

створення системи підготовки та перепідготовки фахівців в галузі водневої енергетики, у тому числі на основі використання відновлюваних джерел енергії;

створення системи підготовки та підвищення кваліфікації у галузі обслуговування водневих технологій, у тому числі шляхом проходження стажування у провідних компаніях.

Важливим завданням є підготовка викладачів для подальшого створення освітніх програм різного рівня, починаючи із шкільного віку до студентів закладів професійної (професійно-технічної), фахової передвищої, вищої освіти. А також, запровадження програми обміну досвідом між закладами освіти, що дозволить використовувати міжнародні знання та практики у водневій енергетиці в Україні, підвищуючи освітній рівень викладачів та студентів.

б) Міжнародна співпраця

З метою розвитку сектору водневої енергетики України та його інтеграції до світових ринків, необхідним є посилення міжнародної співпраці України шляхом:

активна участь в міжнародних проєктах, що спрямовані на розвиток технологій виробництва, зберігання, транспортування та використання водню;

активна участь органів державної влади, суб'єктів господарювання, наукових установ та закладів вищої освіти в міжнародних енергетичних та екологічних організаціях з метою обговорення та спільного опрацювання нормативно-правових актів;

залучення іноземних інвестицій для спільного фінансування проєктів з розвитку водневої інфраструктури та технологій;

здійснення спільних науково-дослідних робіт з іншими країнами для прискорення впровадження водневих технологій;

обмін досвідом та інформацією, організація навчання кадрів в галузі водневої енергетики між урядами, дослідницькими установами та суб'єктами господарювання;

організація та проведення міжнародних форумів та конференцій з метою обговорення та висвітлення досягнень, стратегій та перспектив у галузі водневої енергетики;

створення міжнародних консорціумів та партнерств для спільного вирішення технічних, економічних та екологічних питань;

укладання двосторонніх та багатосторонніх угод з іншими державами для спільного розвитку водневих технологій, обміну досвідом та технічної експертизи.

Здійснення цих заходів сприятиме розвитку сектору водневої енергетики в Україні, обміну технологічними рішеннями та підвищенню конкурентоспроможності українського водню на світовому ринку.

Важливою є співпраця з ЄС в рамках реалізації Меморандуму про взаєморозуміння між Україною та ЄС щодо стратегічного партнерства у сфері біометану, водню та інших синтетичних газів та долучення до інших ініціатив ЄС.

Окрім цього, важливою є співпраця зі Сполученими Штатами Америки в рамках меморандуму між Міністерством енергетики та Асоціацією паливних елементів і водневої енергетики Сполучених Штатів Америки (The Fuel Cell and Hydrogen Energy Association), що відкриває шляхи для спільних проєктів, обміну інноваціями та технологіями.

V. Операційний план для досягнення стратегічних цілей

Завдання, необхідні для досягнення стратегічних цілей, відповідальні виконавці та індикатори виконання зазначених завдань наведені у таблиці 4.

Таблиця 4. Операційний план

Найменування завдання	Відповідальні за виконання	Строк виконання	Індикатор виконання
1. Врегулювання правових, економічних та організаційних засад функціонування водневої енергетики в Україні	Міненерго Міндовкілля Мінекономіки Мінінфраструктури Держенергоефективності НКРЕКП (за згодою)	2025 рік	подано Кабінетові Міністрів України проекти нормативно правових актів
2. Створення на базі наукових установ Національної академії наук України науково-дослідного центру розвитку водневої енергетики	НАН України (за згодою) Міненерго	2025 рік	створено науково-дослідний центр розвитку водневої енергетики
3. Опрацювання питання можливості звільнення від оподаткування митом обладнання, яке призначене для виробництва водню, а також обладнання, яке працює на водні, включаючи водневі турбіни, транспортні засоби з водневими паливними елементами (комірками) та заправні станції, обладнання для	Мінфін Мінінфраструктури Міненерго Мінекономіки	2025 рік	Надано відповідні пропозиції Кабінетові Міністрів України стосовно можливості звільнення від оподаткування митом обладнання, яке призначене для виробництва водню, а також обладнання, яке працює на водні, включаючи

зберігання, транспортування та розподілу водню			водневі турбіни, транспортні засоби з водневими паливними елементами (комірками) та заправні станції, обладнання для зберігання, транспортування та розподілу водню
4. Розширення переліку обладнання, яке звільняється від ввізного мита, обладнанням, призначеним для виробництва водню, а також обладнання, яке працює на водні, включаючи водневі турбіни, транспортні засоби з водневими паливними елементами (комірками) та заправні станції, обладнання для зберігання, транспортування та розподілу водню	Мінфін Мінінфраструктури Міненерго Мінекономіки	2025 рік	Надано відповідні пропозиції Кабінетові Міністрів України стосовно розширення переліку обладнання, яке звільняється від ввізного мита, обладнанням, призначеним для виробництва водню, а також обладнання, яке працює на водні, включаючи водневі турбіни, транспортні засоби з водневими паливними елементами (комірками) та заправні станції, обладнання для зберігання, транспортування та розподілу водню
5. Розроблення Концепції державної політики у сфері розвитку інфраструктури водневих заправних станцій та плану заходів з її виконання	Мінінфраструктури Міненерго НАН України (за згодою)	2025 рік	подано Кабінетові Міністрів України проект розпорядження Кабінету Міністрів України “Про схвалення Концепції розвитку інфраструктури водневих заправних станцій”

6. Розроблення детальних планів з розвитку водневих технологій в електроенергетичному секторі, секторах теплопостачання, транспорті та промисловості	Мінінфраструктури Держенергоефективності Міненерго Мінекономіки НКРЕКП (за згодою) НАН України (за згодою)	2025 рік	подано Кабінетові Міністрів України відповідні нормативно-правові акти
7. Оцінка забезпеченості водними ресурсами для подальшого визначення місць розташування об'єктів водневої енергетики з достатнім рівнем забезпеченості водою	Держводагенство Міндовкілля Міненерго НАН України (за згодою)	2025 рік	проведено аналіз забезпеченості водними ресурсами та визначено потенційно привабливі місця розташування об'єктів водневої енергетики
8. Запуск реєстру видачі, обігу та погашення гарантій походження водню	Міненерго НКРЕКП (за згодою) НАН України (за згодою)	2027 рік	Запущено реєстр видачі, обігу та погашення гарантій походження водню
9. Визначення плану заходів щодо інтеграції України до Європейської мережі операторів мереж для водню (ENNOH)	Міненерго НКРЕКП (за згодою) ТОВ "Оператор ГТС України" (за згодою)	2027 рік	подано Кабінетові Міністрів України проєкт розпорядження Кабінету Міністрів України "Про затвердження плану заходів щодо інтеграції України до Європейської мережі операторів мереж для водню (ENNOH)"
10. Сприяння реалізації проєктів з транспортування відновлюваного до країн ЄС	Міненерго НКРЕКП (за згодою) ТОВ "Оператор ГТС України" (за згодою)	2030 рік	розпочато експорт відновлюваного водню

11. Створення мережі водневих заправних станцій у всіх міських вузлах та щонайменше кожні 200 км на міжміських маршрутах	Мінінфраструктури Міненерго	2035 рік	створено мережу водневих заправних станцій відповідно до вимог Регламенту (ЄС) 2023/1804 від 13 вересня 2023 р щодо розгортання інфраструктури альтернативних видів палива та скасування Директиви 2014/94/ЄС
12. Розроблення та затвердження десятирічних планів розвитку системи передачі електроенергії та газотранспортної системи з урахуванням розвитку водневої інфраструктури	НКРЕКП (за згодою) Міненерго НЕК “Укренерго” (за згодою) ТОВ “Оператор ГТС України” (за згодою)	щороку до 2050 року	прийнято відповідні нормативно-правові акти щодо затвердження планів розвитку системи передачі електричної енергії та газотранспортної системи
13. Розроблення та затвердження п’ятирічних планів розвитку систем розподілу електроенергії та десятирічних планів розвитку газорозподільних систем з урахуванням розвитку водневої інфраструктури	НКРЕКП (за згодою) Міненерго оператори систем розподілу (за згодою) оператори газорозподільних систем (за згодою)	щороку до 2050 року	прийнято відповідні нормативно-правові акти щодо затвердження планів розвитку систем розподілу електроенергії та газорозподільних систем
14. Створення сприятливих умов для залучення інвестицій у сферу водневої енергетики	Міненерго Мінекономіки	до 2050 року	підготовлено пропозиції щодо усунення бар’єрів для залучення інвестицій у розвиток водневої енергетики в Україні
15. Створення сприятливих умов для розвитку виробничих потужностей з	Мінстратегпром Мінекономіки	до 2050 року	підготовлено пропозиції щодо стимулювання розвитку

виготовлення обладнання українського виробництва, що використовує водень	Міненерго НАН України (за згодою)		обладнання українського виробництва, що використовує водень
16. Модернізація системи освітніх програм з підготовки кадрів, перепідготовки фахівців та підвищення кваліфікації для енергетичного сектору шляхом запровадження нових програм відповідно до потреб сфери водневої енергетики	МОН Міненерго НАН України (за згодою)	до 2026 року	створено систему підготовки кадрів, перепідготовки фахівців та підвищення кваліфікації відповідно до потреб водневої енергетики
17. Популяризація переваг розвитку водневої енергетики в Україні	Міненерго Мінінфраструктури МОН НАН України (за згодою) Рада міністрів Автономної Республіки Крим обласні, Київська та Севастопольська міські держадміністрації органи місцевого самоврядування (за згодою)	до 2050 року	проведено інформаційні кампанії та заходи щодо популяризації розвитку водневої енергетики
18. Розширення міжнародного співробітництва з питань водневої енергетики	МЗС Міненерго Мінінфраструктури Мінекономіки НАН України (за згодою)	до 2050 року	укладено двосторонні угоди щодо співпраці у сфері водневої енергетики

VI. Порядок проведення моніторингу, оцінка результатів реалізації Стратегії та звітування

Реалізацію Стратегії забезпечують центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, інші відповідні заінтересовані сторони (підприємства, установи та організації).

Міністерства, інші центральні та місцеві органи виконавчої влади, а також визначені в Операційному плані підприємства, установи та організації подають щороку до 1 лютого Міненерго інформацію про стан виконання операційного плану.

Міненерго аналізує та узагальнює отриману інформацію про стан виконання Операційного плану, готує річний Звіт про стан реалізації Стратегії та щороку до 1 березня оприлюднює його на офіційному вебсайті.

Міненерго щороку до 1 квітня подає Кабінетові Міністрів України звіт про стан виконання Операційного плану, в якому порівнюються фактично досягнуті індикатори із запланованими, зазначаються (за наявності) проблемні питання, їх вплив на здійснення заходів та досягнення мети за кожним напрямом Стратегії (з поясненням причини їх виникнення та зазначенням шляхів розв'язання).

Оцінка досягнення цілей Стратегії здійснюється Міненерго при підготовці річного Звіту про стан реалізації Стратегії у відповідних роках.

За результатами оцінки формуються пропозиції щодо подальшої реалізації державної політики з розвитку водневої галузі в Україні.

Міненерго протягом шести місяців після припинення чи скасування воєнного стану в Україні має здійснити перегляд Стратегії та Операційного плану та за результатами їх перегляду у разі необхідності розробити та подати Кабінетові Міністрів України проект акта щодо внесення змін до вказаних документів.
