



ЗАВАЛІЙ
Ігор Юліанович —
академік НАН України,
завідувач відділу водневих
технологій та матеріалів
альтернативної енергетики
Фізико-механічного інституту
імені Г.В. Карпенка НАН
України

ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА: СВІТОВИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ АСПЕКТИ

Шановний Анатолію Глібовичу!

Шановні колеги!

Мій виступ присвячено одному з пріоритетних напрямів розвитку науки, про який було згадано і у звітній доповіді президента НАН України про діяльність Академії в поточному році, і у виступі заступниці Міністра з питань стратегічних галузей промисловості України. Йдеться про водневу енергетику, тобто про вироблення енергії, яке ґрунтується на спалюванні (окисненні) водню.

Останнім часом у світі все частіше лунає це словосполучення — воднева енергетика. Причиною зростання інтересу до цього напрямку є виклики, які сьогодні постають перед людством. Насамперед — це глобальне потепління. Достатньо подивитися на графік зростання середньорічної температури на планеті і порівняти поточні дані з середнім значенням за період з 1860 р., тобто відколи ведуться такі спостереження, — на сьогодні ця різниця становить уже 1,6 °С. І це незважаючи на колосальні зусилля світу й величезні фінансові вкладення в декарбонізацію і зменшення викидів парникових газів, що утворюються при спалюванні викопних видів палива.

В аналітичних матеріалах, покладених в основу Європейського зеленого курсу — політичної ініціативи Європейської комісії, що має на меті зробити європейський континент кліматично нейтральним до 2050 р., — критичною позначкою визначено підвищення середньорічної температури на планеті на більш як 1,5 °С (чого ми вже досягли), а збільшення температури на 2,0 °С вважається катастрофічним, оскільки може призвести до різкого танення льодовиків і вивільнення з них великих обсягів CO₂.

Звісно, наслідки кліматичних змін передбачати складно, але переважна більшість прогнозів є дуже невтішними. Тому сьогодні у світі домінують два основні напрями боротьби з глобальним потеплінням: перший — це декарбонізація, або зменшення викидів CO₂ в промисловості, на транспорті, в комунальному

господарстві, будівництві тощо, а другий напрям — розвиток альтернативної енергетики. А воднева енергетика, власне, і є одним із видів альтернативної енергетики, оскільки не використовує викопні види палива.

Інтерес до водню у світі зростає через те, що він є одним з найперспективніших альтернативних видів палива майбутнього. По-перше, водень має теплотвірну здатність 142 МДж/кг, що більш як удвічі перевищує цей показник для поширених видів викопного палива, таких як метан, пропан, етанол, метанол, бензин, дизель тощо (рис. 1), а по-друге, при спалюванні водню не утворюються ані парникові гази, ані інші шкідливі речовини, а єдиним продуктом згоряння є вода.

Розвиток водневої енергетики потребує розроблення і впровадження нових ефективних процесів, спрямованих на: 1) одержання водню; 2) зберігання й транспортування водню; 3) використання (спалювання) водню.

Саме таким розробкам і була присвячена цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики та паливно-комірчанних технологій», що діяла до початку широкомасштабної воєнної агресії РФ. Під час війни цю програму довелося закрити, однак залишилася підтримка розвитку водневої енергетики в рамках відомчої тематики НАН України, проектів Національного фонду досліджень України, програми НАТО «Партнерство заради миру» та рамкової програми «Горизонт Європа».

Очевидно, найбільш відчутний ефект від впровадження альтернативних палив, зокрема й водню, замість традиційних видів пального можна очікувати в транспортній галузі. Однак масове використання водневих двигунів пов'язане з вирішенням досить складних технічних завдань з організації відповідної інфраструктури. Наприклад, найбільш відомий серійний водневий гібридний автомобіль на паливних елементах Toyota Mirai має моторну гібридну установку на водневих паливних елементах, акумуляторну нікель-метал-гідридну батарею, а під днищем авто розміщено два ба-

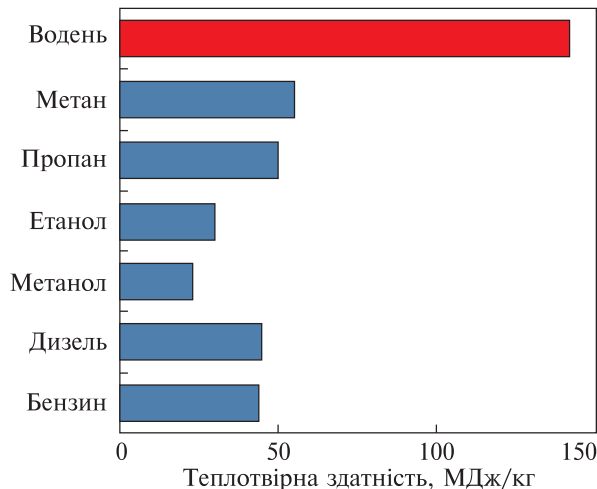


Рис. 1. Порівняння теплотвірної здатності водню та різних видів викопного палива

лони (на 60 та 62,4 л) для зберігання водню під тиском 70 МПа. Максимальна дальність поїздки на одній заправці становить 650 км. Але, як ви розумієте, для обслуговування такого автомобіля необхідна досить складна інфраструктура. Саме тому на автомобільному ринку сьогодні все ж переважають електромобілі.

Інший напрям, якому зараз у світі приділяють дуже велику увагу, — це створення так званих локальних мереж. Зазвичай такі мережі містять альтернативне джерело енергії (вітрову або сонячну електростанцію), електролізер, у якому утворюється водень, акумулятори водню різного типу і паливні комірки. Надходження енергії з альтернативних джерел має періодичний характер (коли світить сонце чи дме вітер), і не завжди вироблену енергію можна постачати в стаціонарні електромережі. Проте її будь-коли можна використовувати для виробництва водню. Вважається, що саме за такими локальними системами велике майбутнє.

Європейський Союз та деякі держави, зокрема й Україна, вже прийняли національні водневі стратегії. Так, у Європейській водневій стратегії виокремлено території, на яких можна ефективно і з порівняно невеликими затратами отримувати водень, а потім транспортувати його до тих країн, які мають певний дефіцит



Рис. 2. Акумулятор водню з паливним елементом, встановлений на автотранспортному засобі

енергії. Європейці розглядали, зокрема, й варіант отримання «зеленого» водню в Україні, передусім у її південних регіонах, де багато сонця і є високий вітроенергетичний потенціал. Крім того, аргументом на користь цього проекту була й наявність в Україні потужної і розгалуженої газотранспортної системи, якою можна було б транспортувати вироблений водень до Європи, тобто йшлося про створення Центральноєвропейського водневого коридору.

З огляду на це, вчені Академії, зокрема науковці Фізико-механічного інституту імені Г.В. Карпенка НАН України, виконали низку проектів, спрямованих на розроблення методології оцінювання роботоздатності наявної в Україні газотранспортної системи та можливості її використання для транспортування водню. Підготовлені ними висновки і рекомендації було передано органам влади та зацікавленим організаціям. Звісно, з початком воєнних дій всі ці плани довелося відкласти. Однак, мабуть, найбільшою проблемою для організації виробництва «зеленого» водню є досить обмежені водні ресурси України.

Тепер розглянемо більш детально проблему зберігання водню. Його можна зберігати в різних фізичних станах: газоподібному — в балонах під тиском 150—700 атм (об'ємна густина — 13,5—63 г/л), рідкому — в криогенних резервуарах (об'ємна густина — ~70 г/л), а також у хімічно зв'язаному стані, зокрема з металами або інтерметалічними сполуками, тобто у вигляді металогідридів (об'ємна густина — до 150 г/л).

В установах НАН України розроблено і створено зразки різних типів акумуляторів

водню. Так, Фізико-механічний інститут імені Г.В. Карпенка НАН України брав участь у реалізації проекту HYDRIDE4MOBILITY в рамках програми «Горизонт 2020» зі створення та апробації системи накопичувача водню на основі металогідриду, інтегрованого з паливним елементом. Розроблені акумулятори водню з паливним елементом потужністю 30 кВт було встановлено на автотранспортному засобі (рис. 2). Подібні впровадження водневих технологій для спеціального транспорту є надзвичайно важливим і перспективним напрямом розвитку водневої енергетики.

У співпраці з Інститутом енергетичних технологій (Норвегія) та Інститутом загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України в рамках проекту за програмою НАТО «Наука заради миру і безпеки» ми розробили також портативні джерела живлення, які містять гідролізну установку, інтегровану з паливною коміркою, і виготовили їх пілотні зразки (рис. 3). У цих пристроях водень отримують гідролізом розчину NaBH_4 за допомогою каталізатора на основі нікель-кобальтових нанопорошків. Розроблені нами каталітичні системи набагато дешевші за традиційну платину і характеризуються поліпшеною кінетикою виділення водню. Отримані результати було опубліковано два роки тому, і на сьогодні вони вже мають надзвичайно високі індекси цитування в міжнародній науковій літературі.

Ще один напрям робіт у нашому Інституті — це створення нанокомпозитів на основі гідриду магнію для акумулювання й генерування водню. Гідрид магнію — це сполука, яка містить 7,6 % мас. водню, але його недоліком

є те, що він десорбує водень за досить високої температури (понад 300 °С). Фахівці різних академічних установ, зокрема Фізико-механічного інституту імені Г.В. Карпенка та Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, синтезували композити на основі гідриду магнію з додаванням до них певних каталізаторів, які дозволяють прискорити кінетику поглинання водню та істотно знизити температуру й енергію активації його десорбції.

Гідрид магнію цікавий тим, що крім використання для зберігання і одержання водню, він має й інші сфери застосування. Так, високоенергетичні композитні матеріали на основі гідридів металів можуть посилювати ефективність вибухових процесів. Нещодавно практично всі світові ЗМІ опублікували інформацію, що китайські науковці випробували водневу бомбу, яка створює вогняну кулю з температурою понад 1000 °С. Її спалах триває в 15 разів довше, ніж у звичайного тротилу. Під час контрольованого польового випробування дослідники успішно підірвали вибуховий пристрій на основі водню (було використано 2 кг гідриду магнію), запустивши руйнівну хімічну реакцію без використання ядерних матеріалів.

Отже, в установах Академії, зокрема у Фізико-механічному інституті імені Г.В. Карпенка, успішно розвиваються фундаментальні й прикладні дослідження зі створення матеріалів для потреб водневої енергетики, як-от ефек-

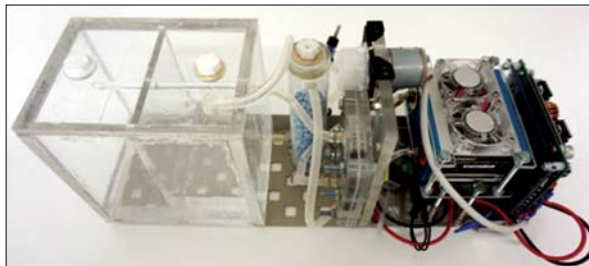


Рис. 3. Зовнішній вигляд прототипу гідролізної установки, інтегрованої з паливною коміркою

тивних каталізаторів для одержання водню, матеріалів для акумулювання та генерування водню, електродних матеріалів та інтерконектів для паливних комірок. В інститутах НАН України розроблено зразки електролізерів для одержання водню високого тиску, балони для його зберігання, металогідридні акумулятори водню, системи «генератор водню — паливна комірка», інтерконекти та електроди для високотемпературних паливних комірок.

І поки що, в умовах воєнного стану та за відсутності в НАН України відповідних цільових програм, ми об'єдналися і започаткували загальноакадемічний онлайн-захід під назвою «Український водневий семінар». Ця постійно діюча платформа призначена для координації досліджень, які проводяться в Академії за напрямом водневої енергетики, а також для обговорення нових досягнень у цій галузі.

Дякую за увагу!

Ihor Yu. Zavaliy
Karpenko Physico-Mechanical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9825-6922>

HYDROGEN ENERGY: GLOBAL AND UKRAINIAN ASPECTS

Speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 30, 2025

Cite this article: Zavaliy I.Yu. Hydrogen energy: global and Ukrainian aspects (speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 30, 2025). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2025. (6): 24—27. <https://doi.org/10.15407/visn2025.06.024>