



ЗОЛОТАРЕНКО
Олександр Дмитрович – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник відділу фізики та хімії наносистем Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ

Стенограма доповіді на засіданні Президії
НАН України 27 листопада 2024 року

У виступі йдеться про результати спільних досліджень хіміків та матеріалознавців НАН України щодо вирішення низки ключових питань розвитку і застосування екологічно безпечних водневих джерел струму в різних галузях економіки. Зокрема, розроблено концепт безпечного і водночас економічно доцільного зберігання водню в балонах із сорбентом та створено матеріали для виготовлення протонпровідних мембран паливних елементів.

Шановні учасники засідання!

Тривалий час водень залишався недооціненим джерелом енергії, але тепер, коли світ намагається зменшити свою залежність від викопного палива і декарбонізувати економіку, воднева енергетика отримала потужний імпульс. У «зеленому» водні, отриманому електролізом із використанням енергії з відновлюваних джерел, вбачають великий потенціал.

З кожним роком у світі зростає число країн, уряди яких проводять політику заохочення використання водню та розгортання його великомасштабного виробництва, приймають національні стратегії розвитку водневої енергетики й інвестують у розвиток водневих технологій. Так, німецька компанія RWE реалізує проект з виробництва зеленого водню загальною потужністю 300 МВт на електростанції в Лінгені і цього року ввела в експлуатацію новий електролізний завод на 100 МВт потужності. Алжир поставив собі за мету до 2030 р. виробляти 4 млн т зеленого водню, і для його транспортування до Європейського Союзу вже будують трубопровід довжиною 3 300 км. У Китаї один із нафтопереробних гігантів Sinopec розпочав будівництво найбільшого у світі заводу Ordos із запланованою потужністю 390 МВт, інший завод Kuqa потужністю 260 МВт має бути введено в експлуатацію в 2025 р. Провідна енергетична компанія Індії Torrent Power розпочала реалізацію проекту

з виробництва зеленого водню і змішування його з природним газом для постачання в міську газорозподільну мережу. У США в Каліфорнії ініціатива SoHyCal до кінця II кварталу 2025 р. зможе вийти на виробництво 3 т зеленого водню на добу за інноваційною технологією електролізу H2B2.

Беззаперечним лідером у розвитку водневої енергетики, водневих транспортних засобів та відповідної інфраструктури на сьогодні є Китай, який спрямовує великі державні інвестиції в ці галузі. Однак інші країни також не пасуть задніх. У 2024 р. у південнокорейському місті Ульсан введено в експлуатацію перший у світі «водневий» житловий комплекс Yuldong-With-U на 437 квартир, який споживає тепло та електроенергію, повністю вироблені водневими паливними елементами.

У транспортній галузі помітно зростає ринок транспортних засобів на водневих джерелах живлення. Компанія Hyundai Motor першою у світі налагодила серійне виробництво вантажних автомобілів Xcient Fuel Cell на паливних елементах. За підтримки національних урядових програм проекти компанії активно розвиваються у Швейцарії, Німеччині, США, Новій Зеландії, Австралії, Південній Кореї, Ізраїлі, Саудівській Аравії. Досвід експлуатації Xcient Fuel Cell засвідчив, що вони дозволяють знизити собівартість перевезення вантажів на третину. Німецький автогігант MAN Truck & Bus з 2013 р. виробляє міські автобуси на водні, а з 2025 р. компанія планує стати першим європейським виробником водневих вантажівок. У 2024 р. завершилося будівництво водневої яхти Project 821 (США) завдовжки 119 м. Судно оснащено паливними елементами, які можуть працювати на водні чи етанолі, але як альтернативу має також і дизельні генератори. Минулого року в Китаї, Німеччині, Канаді та деяких інших країнах було введено в експлуатацію міжміські потяги на водневому паливі.

Піонером серед водневих легковиків є Toyota Mirai, але в останні роки нові моделі водневих автомобілів почали активно представляти такі великі автовиробники, як Honda, BMW, Audi, Mazda та ін. Водневі авто мають низку пере-

ваг над електромобілями: більший запас ходу (понад 600 км), коротший час заправки, вища потужність, економічність, компактність, але на заваді їх поширенню стоять питання безпеки експлуатації та нерозвиненість спеціальної інфраструктури, якої вони потребують.

Водневі джерела живлення становлять інтерес і для виробників озброєння та військової техніки. Так, південнокорейська компанія Hyundai Rotem представила прототип безшумного танка K3 на водневих паливних елементах і планує розпочати його серійне виробництво до 2040 р. Інша компанія з Південної Кореї Hogleen Air пропонує модель безшумного дрона на паливних елементах, який може здійснювати польоти на відстань до 9 300 км і перебувати в повітрі понад 14 годин. Ізраїльська компанія Neven Drones у 2023 р. створила на замовлення збройних сил водневий БПЛА H2D200 з часом польоту до 8 годин на відстань 750 км. ВМС США планують у 2025 р. поставити на озброєння оснащений водневим двигуном розвідувальний БПЛА типу HALE (висотний, з великою тривалістю польоту). Прототип має розмах крила 61 м, максимальну висоту польоту 20 тис. м і розрахункову тривалість польоту 7 діб.

Перевагами водневих блоків живлення на сьогодні є те, що вони:

- не виділяють тепла, тобто їх складно ідентифікувати в ІЧ-діапазоні;
- не викидають токсичні гази, тобто їх можна використовувати всередині замкнених або герметичних приміщень (підводні човни, бункери, бронетехніка тощо);
- працюють безшумно, оскільки не мають рухомих частин, які й створюють шумовий ефект під час роботи;
- не деградують з часом, тобто після простою техніку дуже легко привести в робочий стан;
- мають на 38 % більшу енергоефективність на одиницю маси системи порівняно з літій-іонними джерелами струму.

Однак виготовлення водневих блоків живлення в Україні ускладнено тим, що лише 66 % необхідних для цього запчастин — укра-

їнського виробництва, а 34 % доводиться закуповувати переважно у Сполучених Штатах Америки.

Крім того, використання водневих блоків живлення пов'язане з трьома основними проблемами:

1) забезпечення компактного та безпечного зберігання водню — стиснення або охолодження водню для зберігання потребує досить значної енергії, і при цьому можуть виникати проблеми з безпекою;

2) необхідність застосування методів очищення отриманого водню, оскільки саме чистий водень здатний подовжити час роботи «на відмову» паливного елемента;

3) підвищення енергетичної ефективності (ККД) паливних елементів — будь-які з процесів виробництва, зберігання й перетворення водню на енергію можуть виявитися неефективними, що знижує загальну ефективність використання водневої енергії.

Тому для того, щоб воднева енергетика стала важливим компонентом глобальної енергетичної системи, ці недоліки слід подолати, що потребує комплексного підходу та пошуку інноваційних рішень. На це й були спрямовані зусилля нашої наукової групи, яка об'єднала співробітників Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України та Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України.

Вирішуючи першу проблему, ми поставили собі за мету розробити сучасні накопичувачі водню, в яких він зберігається у вигляді газу в твердому тілі, на відміну від інших поширених варіантів зберігання, в яких водень перебуває або під високим тиском, або в зрідженому стані. Ми підібрали відповідний сорбент, який в 1 кг маси може вміщати приблизно 300 л водню. Такі накопичувачі водню належать до класу безпечних, оскільки тиск у них становить від 1 до 50 атм, на відміну від традиційних балонів, у яких водень може перебувати під тиском до 700 і навіть до 900 атм.

Крім того, зберігання водню в сорбенті є економічно вигідним, оскільки немає потреби постійно підтримувати високий тиск, що до-

зволяє майже вдвічі знизити витрати на обслуговування водневих станцій живлення.

Застосування сорбенту водню може допомогти й у вирішенні другої проблеми, пов'язаної з очищенням водню. Залежно від хімічного складу сорбент може, по-перше, очищувати водень у процесі експлуатації накопичувача водню до чистоти 99,9999 % (чотири дев'ятки); по-друге, сорбувати водень одразу з електролізера — незважаючи на те, що газ із нього виходить вологий, сорбент при цьому не деградує; і по-третє, є можливість збільшувати тиск на виході з накопичувача водню, використовуючи незначне нагрівання (20—80 °C), що дозволяє створити на цій основі безпечні компресори високого тиску (до 1000 атм) для великих автомобілів чи інших накопичувачів. Слід додати, що за необхідності цей накопичувач водню можна заправляти з балонів стандартним технічним воднем, який очищується до високої чистоти в процесі гідрування робочого тіла. Це спрощує логістику та знижує витрати на використання водню.

Третю проблему підвищення ефективності паливних елементів можна вирішувати двома шляхами: 1) знижуючи вартість або зменшуючи кількість каталізатора, що використовується в процесі; 2) знижуючи вартість протонпровідних мембран.

Перший шлях пов'язаний або з використанням матеріалів із більш розвиненою поверхнею, або із заміною високовартісних платинопаладієвих каталізаторів на більш дешеві каталізатори на іншій основі. Ми створили вуглецеві наноструктури з розвиненою поверхнею, на яку осадили каталізатор у вигляді нанодисперсних частинок.

Другий шлях передбачає заміну поширених, але дорогих твердополімерних мембран Nafion на мембрани іншого хімічного складу. Наприклад, мембрани на основі полівінілового спирту та ароматичних кислот перевершують Nafion за робочими характеристиками і при цьому мають на порядок нижчу ціну.

Сьогодні паливний елемент є найбільш вартісною складовою водневого блока живлення (приблизно 34 % загальної вартості блока). Ми

розробили мембрани для паливних елементів на основі вуглецевих наноструктур, які всередині містять металеві частинки платини. Це дає змогу збільшити строк служби паливного елемента і знизити його собівартість, що, відповідно, приводить до здешевлення всього водневого блока живлення.

Впевнений, що за належної уваги з боку держави та зацікавлених виробників наявні науково-технічні розробки нашої наукової групи

та інших вчених НАН України здатні створити умови для того, щоб у найближчій перспективі Україна стала одним із провідних виробників сучасних водневих джерел електричного струму, в яких джерелом водню слугуватимуть накопичувачі, здатні зберігати водень в атомарному стані.

Дякую за увагу!

За матеріалами засідання підготувала О.О. Мележик

Oleksandr D. Zolotarenko

Chuiko Institute of Surface Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8933-7061>

PROBLEMS AND PROSPECTS OF CREATING AND USING HYDROGEN POWER SOURCES

Transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, November 27, 2024

The report discusses the results of joint research by chemists and materials scientists of the National Academy of Sciences of Ukraine on solving a number of key issues in the development and application of environmentally safe hydrogen power sources in various sectors of the economy. In particular, the concept of safe and at the same time economically feasible storage of hydrogen in cylinders with a sorbent has been developed and materials for the manufacture of proton-conducting membranes of fuel cells have been created.

Cite this article: Zolotarenko O.D. Problems and prospects of creating and using hydrogen power sources. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2025. (1): 74—77. <https://doi.org/10.15407/visn2025.01.074>