

# Зберегти водень і вдосконалити паливні комірки

Глобальне потепління і загроза енергетичної кризи зумовлюють актуальність водневої енергетики у світі. Активно працюють у цьому напрямі й наші науковці. Нещодавно питання розроблення нових функціональних матеріалів для потреб водневої енергетики було розглянуто на засіданні Президії Національної академії наук України. Результати досліджень і актуальні розробки презентував завідувач відділу водневих технологій та матеріалів альтернативної енергетики Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка, член-кореспондент НАН Ігор ЗАВАЛІЙ.



Як акцентував доповідач, до 24 лютого ситуація в Україні була відносно непоганою, адже протягом багатьох років працювали різні програми, які підтримували дослідження у водневій галузі. Зокрема, було згадано цільову програму НАН України «Фундаментальні аспекти відновлюваної водневої енергетики та паливно-комірчані технології». Працює громадська асоціація «Українська воднева рада». В рамках програми «Партнерство заради миру» НАТО постійно виділяє гранти для українських науковців. Національний фонд досліджень також підтримував водневий напрям.

Прикладні роботи Фізико-механічного інституту у співпраці з іншими науковими установами НАН України (Інститутом проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, Інститутом загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського), Львівським національним університетом імені Івана Франка спрямовані на розроблення нових матеріалів для акумулювання та генерування водню, електродів для нікель-металогідридних джерел струму, гетерів, каталітичних додатків тощо.

## Оптимальні матеріали

— Зберігання водню можливе у різних фізичних станах: стисненому (у балонах), рідкому (у криогенних резервуарах) і зв'язаному — у так званих металогідридах, — розповів Ігор Завалій. — Останні мають високу густину водню. Інтерметалічні сполуки, в яких є водень у зв'язаному стані, мають менший об'єм, що дуже важливо, наприклад, для заправки автомобіля.

Як зауважив доповідач, у світі існують вимоги до матеріалів, що акумулюють водень. Найбільшим авторитетом тут є Департамент енергетики США. Серед вимог — вагова доля водню в системі має становити 6 вагових відсотків і більше. Дуже важливим параметром є температура виділення водню — вона має бути меншою за 150°C.

Ігор Завалій порівняв різні матеріали для твердофазного зберігання водню. Зокрема гідриди, які мають дуже високий ваговий вміст водню, незворотні, тобто не можуть працювати циклічно, а оптимальними матеріалами для зберігання водню сьогодні є гідрид маг-

нію та гідриди інтерметалічних сполук, які мають невисоку місткість, але для стаціонарного зберігання це не завжди є найважливішим. Як наголосив доповідач, дослідження цих сполук — один з найголовніших напрямів роботи науковців Фізико-механічного інституту.

— Ми спеціалізуємось на дослідженні воденьсорбційних властивостей інтерметалічних сполук у системах з рідкісноземельними металами. Ці дослідження ми проводимо у міжнародній співпраці, тому що для них потрібен нейтрографічний аналіз, — розповів Ігор Завалій. — У таких системах, замінюючи один метал на інший, ми досліджуємо як змінюються воденьсорбційні властивості, вибираємо оптимальні склади й пропонуємо їх для ефективних поглиначів водню. Ці сполуки запропоновано як ефективні електродні матеріали для так званих нікель-металогідридних батарей, у яких негативним електродом є металогідрид, що електрохімічно поглинає й виділяє водень.

## Ефективні джерела

Ще один напрям, над яким працюють у Фізико-хімічному інституті — робота з гідридом магнію. За словами Ігоря Завалія, це перспективний матеріал, але він має серйозні недоліки: виділяє й поглинає водень за відносно високої температури — більш як 300°C, але якщо синтезувати композиції на основі гідриду магнію й додати до цього певні каталізатори, то можна, по-перше, збільшувати швидкість взаємодії водню з цим матеріалом, по-друге — зменшувати температуру абсорбції-десорбції.

Продемонстрував доповідач і декілька зразків використання металогідридних матеріалів, зокрема зразки акумуляторів водню, які виконані у Фізико-механічному інституті. Вони можуть бути запропоновані підприємствам Міністерства оборони України та стартапам у галузі альтернативної енергетики.

Наступний напрям, над яким працюють в інституті, було започатковано завдяки участі у програмі НАТО «Наука заради миру». Разом з низкою інших установ НАН Фізико-механічний інститут брав участь у проекті «Портативне енергопостачання», який було спрямовано на

розроблення ефективних сплавів та гідридних матеріалів з каталітичними добавками для утворення водню шляхом їх взаємодії з водою. Метою проекту були фізико-хімічні дослідження ролі каталітичних добавок на виділення водню, впливу наноструктурування матеріалів, а також розробка ефективного регулювання швидкості утворення водню та зупинка процесу гідролізу за потребою. У результаті створено пілотну версію надійного та безшумного джерела живлення.

Розвивається у Фізико-механічному інституті й напрям, який стосується систем спалювання водню, а саме — паливних комірок. Як пояснив Ігор Завалій, для того, щоб вони працювали ефективно, повинні удосконалюватись два класи матеріалів. По-перше, це ефективні каталізатори на відповідних електродах, по-друге — конструкційні матеріали для компонентів паливної комірки.

Науковці Фізико-механічного інституту розробили наукові засади створення поліпшених функціональних матеріалів для паливних комірок; ці матеріали на основі титану з відповідними покриттями характеризуються меншою густиною (майже у 2 рази порівняно зі сталями, що традиційно використовуються) та підвищеними фізико-механічними властивостями (міцністю, електропровідністю, жаро- і водневостійкістю).

## Перспектива і конкурентні переваги

Під час обговорення директор Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України академік Юрій Солонін зауважив, що у 2019–2021 роках на водневу енергетику звернули увагу в нашому уряді.

— Це було пов'язано з тим, що Європа в перспективі відводила Україні роль постачальника так званого «зеленого» водню, — додав він. — Потенціал України оцінювався у декілька мільярдів кубометрів на рік. Передбачалося будівництво низки підприємств із виробництва водню і центральноєвропейського водневого коридору. Було розроблено й узгоджено із західними партнерами дорожню карту розвитку водневої енергетики в Україні. Очікувались великі інвестиції. Все це мало бути, так би мовити, програмою «Великий водень».

Водночас академік Солонін зауважив, що водень може знайти широке застосування і в розподілених системах генерації — на рівні невеликих селищ, господарств, будинків. Насамперед — внаслідок використання місцевих ресурсів, відходів, малих вітрових та сонячних станцій.

Проректор з наукової роботи Львівського національного університету імені Івана Франка академік НАН України Роман Гладішевський зауважив, що у Фізико-механічному інституті успішно продовжують традиції львівської кристалохімічної школи.

— Окремі металогідридні системи характеризуються відмінною



місткістю, здатністю вивільняти водень за температур, що близькі до кімнатної, — зауважив академік Гладішевський. — Це не лише відновлювальні, а й екологічні джерела енергії. А у разі використання сполук з магнієм — ще й доступні та економічні. Крім застосування як накопичувачів водню, металогідриди є важливими матеріалами електродів в акумуляторах. Є ще інші галузі їхнього застосування — це сонячні батареї, «розумні» вікна, чутливі сенсори тощо.

Таким застосуванням, за словами Романа Гладішевського, передують фундаментальні дослідження, експериментальне вивчення діаграм фазових рівноваг, встановлення кристалічних структур, параметрів фізичних і хімічних властивостей, а також пошук закономірностей і моделювання.

Важливим є перехід від сполуки до функціонального матеріалу, що, на думку науковця, можна реалізувати саме за співпраці між університетом та науковою установою із залученням інвестора на базі наукових парків чи бізнес-інкубаторів.

Також академік Гладішевський акцентував, що науковці Фізико-механічного інституту безпосередньо підійшли до виготовлення зразків відповідних пристроїв.

Директор Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН академік Зіновій Назарчук нагадав, що Україна має запаси магнію, і під час створення водневих акумуляторів це дає змогу зробити їх дешевими порівняно зі світовими аналогами й мати відповідні конкурентні переваги на світовому ринку.

— Маючи напрацювання завдяки водневій програмі НАН, маючи науковий доробок, Україна може вступати до будь-якого міжнародного консорціуму і відігравати там помітну роль, — додав академік Назарчук. — Нами цікавляться не лише як постачальниками енергоносіїв, а й як виробниками відповідного обладнання.

Директор Інституту електровзаємодії ім. С.О. Патона НАН академік-секретар відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства Ігор Кривцун наголосив, що НАН слід усіляко підтримувати розвиток водневого наукового напрямку, розвивати міжнародну співпрацю, і поряд з фундаментальними роботами у цій галузі обов'язково приділяти більше уваги проблемам практичної реалізації та впровадження отриманих наукових результатів.

## Допомогти державі й зацікавити інвесторів

«Маємо зробити все, щоб допомогти нашій державі виконати зобов'язання, які вона взяла на себе щодо розвитку водневої енергетики», — зауважив президент НАН академік Анатолій Загородній.

Він нагадав, що останніми роками у НАН було реалізовано кілька науково-технічних програм, спрямованих на розв'язання фундаментальних і прикладних проблем. Над водневою проблематикою зараз потужно працюють Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського, Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного та інші. «Приємно, що вже створено пілотні зразки пристроїв для акумулювання та генерування водню, які можна запропонувати оборонним підприємствам та стартапам у галузі альтернативної енергетики, — додав президент НАН. — Це дуже цікаво інвесторам, маємо відповідні засоби, зокрема і з-за кордону».

Низку заходів запропоновано в постанові Президії, яку було ухвалено на засіданні. Так, Секції фізико-технічних і математичних наук НАН України спільно з Секцією хімічних і біологічних наук НАН України доручено опрацювати питання і підготувати пропозиції щодо координації, активізації та поглиблення наукових досліджень у галузі водневої енергетики.

Фізико-механічному інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України впродовж 2023 року запропоновано інтенсифікувати дослідження щодо розроблення сучасних функціональних матеріалів для акумулювання і генерування водню та конструкційних матеріалів для інтерконектів паливних комірок; підтримувати та розвивати міжнародну співпрацю, активізувати пошук грантової підтримки цих досліджень. А також — підготувати та подати на експертизу до Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства НАН України наявні зразки акумулятора та генератора водню для живлення паливних комірок різної потужності, які можуть працювати в системах автономного енергетичного постачання.

Підготував  
Дмитро ШУЛКІН