



СОЛОНІН

Юрій Михайлович — академік НАН України, директор Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, голова наукової ради цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій»

ПРО ВИКОНАННЯ ЦІЛЬОВОЇ КОМПЛЕКСНОЇ ПРОГРАМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ «ФУНДАМЕНТАЛЬНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЮВАНО-ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ І ПАЛИВНО-КОМІРЧАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

Стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України 27 лютого 2019 року

Доповідь присвячено результатам виконання цільової програми наукових досліджень НАН України «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій» за 2016–2018 рр., головною метою якої було опрацювання фундаментальних проблем створення нових матеріалів, технологічних процесів, конструкцій та систем, які могли б стати основою для широкого впровадження в Україні водневих і паливно-комірчаних технологій та сприяли б поступовому зменшенню залежності від імпорту енергоносіїв, використанню вітчизняних відновлюваних енергетичних ресурсів, а також зменшенню викидів при виробництві електроенергії.

Шановний Борисе Євгеновичу!

Шановні колеги!

У світі вже склалася концепція відновлювано-водневої енергетики. Водень отримують електролізом з використанням відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія, енергія вітру, гідроенергія, або піролізом побутових і твердих органічних відходів, донних мулів станцій аерації, біомаси тощо. Отриманий водень зберігають у той чи інший спосіб і за потреби використовують, спалюючи його в паливних комірках з метою одержання електроенергії, або постачають споживачам, зокрема для заправки транспортних засобів. Важливо, що водень можна також використовувати для регенерації CO₂, що сьогодні особливо актуально у зв'язку з необхідністю скорочення викидів діоксиду вуглецю.

Зазначена концепція відновлювано-водневої енергетики не є суто декларативною, розвинені країни світу вже досить помітно просулися в цьому напрямі. У багатьох містах розвивається воднева інфраструктура — функціонують маршрути громадського транспорту на водні, мережі водневих заправних станцій. Майже всі великі автовиробники сьогодні вже мають концепти автомобілів на водневому паливі.

У ЄС проблемами водневої енергетики опікується переважно Європейська воднева і паливно-комірчана асоціація (Hydrogen Europe), яка поєднує близько 100 промислових компаній, 68 науково-дослідних організацій, 11 національних асоціацій (Бельгія, Болгарія, Велика Британія, Данія, Іспанія, Німеччина, Норвегія, Румунія, Угорщина, Швеція, Франція). Науковий супровід здійснюється в рамках програми «Горизонт-2020» із загальним фінансуванням на 2014–2020 рр. порядку \$665 млн.

У Україні єдиною програмою з цього напрямку є цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій», яку було започатковано постановою Президії НАН України від 16.03.2016 № 74. Протягом 2016–2018 рр. за цією програмою виконувалося 27 наукових проектів, у реалізації яких брали участь творчі колективи з 14 установ 5 відділень НАН України — Відділення фізики і астрономії; Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства; Відділення фізико-технічних проблем енергетики; Відділення хімії; Відділення біохімії, фізіології і молекулярної біології. Обсяг бюджетного фінансування програми за 3 роки становив 6408 тис. грн, або приблизно \$250 тис. у доларовому еквіваленті.

Дослідження виконувалися за трьома напрямами: 1) отримання водню з використанням відновлюваних джерел енергії; 2) зберігання водню; 3) паливні комірки, що дозволило вирішити низку фундаментальних і науково-технічних проблем сучасної водневої енергетики та паливно-комірчаних технологій.

Так, за першим напрямом опрацьовано наукові засади створення технологій одержання водню з використанням електрохімічних, плазмохімічних і мікробіологічних методів, а також енергоакуюлюючих речовин і каталізаторів. Досліджено можливості отримання водню з харчових відходів та з використанням відновлюваних джерел енергії. Зокрема, розроблено технологічні схеми отримання водню із застосуванням геотермальних джерел енергії, сонячного випромінювання та енергії вітру (Інститут відновлюваної енергетики); здійснено термодинамічне обґрунтування та експериментальне підтвердження новітньої біотехнології отримання водню з одночасним знешкодженням екологічно небезпечних змішаних харчових відходів (Інститут мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного); сконструйовано і протестовано реверсивну паливну комірку, що забезпечує отримання водню фотохімічним розкладанням води, дає змогу акумулювати отримуваний водень і використовувати його для генерації електричного струму (Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря).

Крім того, визначено характеристики газифікації твердих відходів деревини, деревного вугілля та донного мулу на повітряному та пароповітряному дутті. Розроблено нові каталізатори на основі феритів магнію, марганцю і заліза, які виявляють високу каталітичну активність і селективність у процесі одержання водню паровим риформінгом (Інститут вугільних енерготехнологій, Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського); запропоновано напрями технологічного використання водню для трансформації надлишку електричної енергії за допомогою електролізу води та робочі цикли перетворення енергії в замкнутих схемах водневих установок (Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного); на основі наноструктурованого діоксиду титану, сенсифілізованого до дії видимого світла наночастинками сульфідів кадмію та сурми, одержано ряд фотоанодів сонячних комірок з ефективною перетворення світла 8,15% (Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського).

На базі Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича у Переяславі-Хмельницькому створено демонстраційну систему для отримання водню з використанням енергії вітру.

Фахівці Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського та Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича розробили та запатентували фотоелектрохімічні комірки для отримання і накопичення водню. Перші їх випробування для отримання водню з використанням сонячної енергії ми встигли провести на нашій базі в Криму ще до анексії півострова Російською Федерацією. Було також відпрацьовано термохімічне отримання водню з використанням великої сонячної печі. Частина обладнання нам вдалося перевезти до Києва і змонтувати на території Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, а отже, ми можемо продовжити ці дослідження. Крім того, в Інституті відновлюваної енергетики створено демонстраційну фотоелектричну систему для отримання водню електролізом води.

У межах другого напрямку зі зберігання водню здійснювався пошук шляхів вирішення проблеми створення ефективних воденьокумулюючих матеріалів та ємностей для зберігання водню.

Досліджено водневу ємність, термічну стійкість, кінетику десорбції водню з отриманих механічних сплавів на основі магнію, перспективних для зберігання значної кількості водню. В результаті реактивного механічного помелу сумішей магнію з кремнієм, залізом і титаном досягнуто водневу ємність 5,8 ваг.%. Встановлено, що додавання до магнію одночасно кремнію, титану і заліза забезпечує підвищення швидкості десорбції водню у 5–7 разів. Такі накопичувачі водню можуть бути рекомендовані для використання у системах автономного енергозабезпечення та в комплексі з високотемпературними твердооксидними паливними комітками. На основі розрахунково-теоретичних та експериментальних досліджень технічних характеристик металогібридного акумулятора визначено конструктивні розміри

його складових, розроблено регламент експлуатації акумулятора залежно від інтенсивності зовнішнього теплового впливу. Змодельовано, сконструйовано та виготовлено ємності високого тиску — накопичувачі водню для паливних коміток (Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича).

Розроблено технологічний регламент на композитний матеріал для комбінованих високоємних ємностей для акумуляції, зберігання і використання водню та відповідне технічне завдання на розроблення конструкції балонів (Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона).

Встановлено, що нові воденьсорбуючі сплави на основі лантану, цирконію та нікелю як матеріали для металогібридних електродів порівняно легко активуються, мають високу ємність за воднем (до 300 мА·г/г) і низьку втрату максимальної розрядної ємності (менш як 5% у перших 30 циклах). Визначено термкінетичні параметри оборотного насичення воднем (наводнення і наступне видалення водню) порошкових лігатур систем, що містять, зокрема, титан, алюміній, залізо (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича; Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка; Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова). Методами квантової хімії встановлено закономірності взаємодії молекул водню з графеноподібними площинами (Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка; Інститут газу).

Дослідження за третім напрямком було зосереджено на удосконаленні електродних і електролітних матеріалів для паливних коміток (ПК).

Зокрема, проведено апробацію діоксиду цирконію вітчизняного виробництва для виготовлення пласких керамічних паливних коміток (КПК) методом стрічкового лиття і встановлено, що вони ефективніші порівняно з комерційними аналогами. Створена методика стрічкового лиття є перспективною і може бути використана як основа для подальшого відпрацювання технології промислового виготовлення КПК. Опрацьовано режими

синтезу та спікання складних оксидних і металооксидних воденьпроникних матеріалів, які відповідно до вимірних характеристик можуть бути використані як компоненти ПК з протонною провідністю (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича; Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського; Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського).

Створено методику формування універсальних мембранно-електродних блоків (МЕБ) та виготовлено компоненти для батареї паливних комірок потужністю 5; 10; 100 і 200 Вт, а також макет дослідного зразка воднево-повітряної паливної батареї на 5 Вт і запропоновано методи дослідження характеристик з метою виявлення технологічних факторів, що впливають на енергетичні характеристики воднево-повітряної паливної батареї (Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського). Розроблено макет низькотемпературної паливної комірки з МЕБ на основі комерційної іон-провідної мембрани «Нафіон». Відпрацьовані найбільш ефективні методи підготовки мембрани, нанесення каталізатора та формування МЕБ (Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського).

Встановлено оптимальний склад композиту на основі МАХ-фаз (безкисневих керамік) титану для з'єднувальних елементів КПК, який продемонстрував високу міцність в інтервалі температур 20–600 °С і найвищу жаростійкість (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка). Синтезовано протонообмінні мембрани, перспективні для використання як тверді поліелектроліти у водневих паливних комітках за температур понад 100 °С (Інститут хімії високомолекулярних сполук).

У 2018 р. в межах бюджетної програми НАН України «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень» (КПКВК 6541230) було надано фінансування обсягом 662 тис. грн на виконання 4 додаткових проєктів, що дозволило зосередити увагу на найперспективніших науково-дослідних роботах, підтримати їх та отримати важливі фундаментальні і практичні результати. Зокрема, проведено

монтаж і наладку дослідно-демонстраційної установки для отримання водню з використанням відновлюваних джерел енергії; розроблено і виготовлено установку для отримання водню переробленням побутових відходів, що дозволяє створювати в подальшому типові малогабаритні установки для їх тиражування і впровадження у приватні господарства; розроблено конструкцію установки для формування силових оболонок на поверхні корпусів балонів для зберігання водню.

Результати досліджень за проєктами програми опубліковано у 8 монографіях, 170 статтях у фахових вітчизняних і закордонних журналах. Затверджено два національні стандарти України, подано заявки та отримано 17 патентів, у тому числі за кордоном. Виконавці проєктів на профільних конгресах, конференціях та симпозиумах презентували близько 180 доповідей, серед них 4 доповіді на Х Міжнародній конференції «Перспективні матеріали і технології: від ідеї до ринку», яка відбулася 24–26 жовтня 2018 р. у м. Нінхай (КНР). У рамках цієї конференції обговорено можливість впровадження результатів робіт спільно з індустріальними партнерами з Китаю.

Для інформаційного забезпечення проєктів програми створено веб-сайт «Водень-інфо» (www.materials.kiev.ua/Hydrogen), який надає актуальну інформацію про результати виконання проєктів двома мовами — українською і англійською.

Результати, отримані за комплексною програмою, відкривають нові широкі перспективи для подальшого розвитку наукових досліджень, зокрема з опрацювання наукових основ технологій, пристроїв та матеріалів у зазначеній галузі.

З огляду на важливість розроблення сучасних технологій, оснований на використанні водню, паливних комірок і відновлюваних джерел енергії (сонця, вітру, біомаси), та їх впровадження в енергетичний сектор економіки України пропонуємо започаткувати нову цільову програму наукових досліджень НАН України «Розвиток наукових засад отримання, зберігання та використання водню в системах

автономного енергозабезпечення» на 2019–2021 рр. Її метою є розвиток наукових засад сучасних технологій отримання, зберігання та використання водню, які є перспективними для впровадження у вітчизняну енергетичну галузь, зокрема системи автономного енергозабезпечення, що ґрунтуються на використанні відновлюваних джерел енергії. Результати, очікувані при виконанні нової програми, до-

звolyать запропонувати зацікавленим підприємствам конкурентоспроможні технологічні рішення, прилади та обладнання, виробництво яких забезпечить широке впровадження паливних комірок і водню в енергетичний сектор економіки України.

Дякую за увагу!

*За матеріалами засідання
підготувала О.О. Мележик*