

14.03.2019

Звіт про результати виконання програми «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій»

Цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій» ([Національна академія наук України](#)).

Звіт про виконання проектів програми

Наукові дослідження в рамках цільової програми «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій» виконувались протягом 2016-2018 рр. за 27 проектами 14 установами 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).

Дослідження виконувались за трьома напрямками:

- отримання водню;
- зберігання водню;
- паливні комірочки,

що дозволило охопити та вирішити низку фундаментальних і науково-технічних проблем сучасної водневої енергетики та паливно-комірчаних технологій.

За першим напрямком опрацьовано наукові засади створення технологій одержання водню з використанням електрохімічних, плазмохімічних і мікробіологічних методів, а також енергоакумулюючих 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 НАН України); 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 НАН України); сконструйовано і протестовано реверсивну паливну комірочку, що забезпечує отримання водню шляхом фотохімічного розкладу води, дозволяє акумулювати отримуваний водень і використовувати його для генерації електричного струму (Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В. П. Кухаря НАН України). Продовжувались експериментальні дослідження, орієнтовані на вирішення однієї з важливих проблем України, якою є переробка донних мулів станцій водоочищення, забруднених токсичними важкими металами. Тільки на Бортницькій станції аерації м. Києва таких відходів накопичено близько 9 млн. т. Для цього створено єдиний в Україні дослідний зразок технологічної лінії.

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 проявляють високу каталітичну активність і селективність у процесі одержання водню паровим риформінгом (Інститут

вугільних енерготехнологій НАН України, Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України); 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 НАН України); на основі наноструктурованого діоксиду титану, сенсibilізованого до дії видимого світла наночастинками сульфідів кадмію та сурми, одержано ряд фотоанодів сонячних комірок з ефективністю перетворення світла 8,15 % (Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України).

У межах другого напряму здійснювався пошук шляхів вирішення проблеми створення ефективних воденьякумулюючих 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 досягнута воднева 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 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 як накопичувача водню для паливних комірок (Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України; Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України).

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

Встановлено, що нові воденьсорбуючі сплави на основі лантану, цирконію та нікелю як матеріали для металгідридних електродів порівняно легко активуються, мають високу ємність за воднем (до 300 мА*г/г) і низьку втрату максимальної розрядної ємності (менше 5 % у перших 30 циклах). Визначено термодинамічні 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 НАН України; Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України; Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України). Методами квантової хімії встановлено закономірності взаємодії молекул водню з графеноподібними площинами (Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України; Інститут газу НАН України).

Дослідження за третім напрямом були зосереджені на удосконаленні електродних і електролітних матеріалів для паливних комірок (ПК).

Зокрема, проведена апробація діоксиду цирконію вітчизняного виробництва для виготовлення плоских керамічних паливних комірок (КПК) методом стрічкового лиття та 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 та метало-оксидних воденьпроникних матеріалів, які відповідно до вимірних характеристик можуть бути використані як компоненти паливної комірки з протонною провідністю (Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України; Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України; Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України).

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

Встановлено оптимальний склад композита на основі МАХ-фаз (безкисневих керамік) титану для з'єднувальних елементів КПК, який продемонстрував високу міцність в інтервалі температур 20-600°C і найвищу жаростійкість (Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України). Синтезовані протонообмінні мембрани, що перспективні для використання як тверді поліелектроліти у водневих паливних комітках при температурах вище 100°C (Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України).

У 2018 р. у межах бюджетної програми НАН України «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень» (КПКВК 6541230) було надано фінансування обсягом 662 тис. грн. на виконання 4 додаткових проектів комплексної програми, що дозволило зосередити увагу на найперспективніших науково-дослідних роботах, підтримати їх й отримати важливі фундаментальні та практичні результати. Зокрема, проведено монтаж і налагодження дослідно-демонстраційної установки отримання водню з використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ); розроблена й виготовлена установка для отримання водню шляхом переробки побутових відходів, що дозволяє створювати в подальшому типові малогабаритні установки для їх тиражування та впровадження у приватні господарства; розроблена конструкція установки для формування силових оболонок на поверхні корпусів балонів для зберігання водню.

Результати досліджень за проектами програми опубліковано в 8 монографіях, 170 статтях у фахових вітчизняних і закордонних журналах.

Затверджено 2 Національні стандарти України, подано заявки та отримано 17 патентів, у тому числі за кордоном. Виконавці проектів на профільних конгресах, конференціях та симпозіумах презентували близько 180 доповідей, серед них 4 доповіді на 10-й Міжнародній конференції «Перспективні матеріали і технології: від ідеї до ринку» (24-26 жовтня, 2018, Нинхай, КНР), у рамках якої обговорено можливість впровадження результатів робіт спільно з індустріальними партнерами КНР.

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.