

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



*«Фундаментальні аспекти
відновлювано-водневої енергетики і
паливно-комірчаних технологій»*

НАУКОВА ЗВІТНА СЕСІЯ



Тези доповідей та програма сесії

7 ГРУДНЯ 2017 року

Київ

**ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ
«Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої
енергетики і паливно-комірчаних технологій»**

**Голова наукової ради Програми –
академік НАН України Солонін Ю.М.**

**Голова робочої групи Програми –
чл.-кор. НАН України Стрижак П.Є.**

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ ЗВІТНОЇ СЕСІЇ ЦКП

***«Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої
енергетики і паливно-комірчаних технологій»***

***ГОЛОВА КОМІТЕТУ —
академік НАН України– Солонін Ю.М.***

Секретар робочої групи - к.т.н. Єршова О.Г.,

ЧЛЕНИ КОМІТЕТУ

І.І. Білан, к.ф.-м.н., зав.від;

Т.В.Гудименко, г.програм.;

Л.О. Ковальова інж. I кат;

В.І. Семенцов, зав.від.

ПРОГРАМА

РЕГЛАМЕНТ РОБОТИ

7 ГРУДНЯ 2017 р.

10.00–10.15

Відкриття сесії.

Вступне слово голови наукової ради Програми академіка НАН України Ю.М. Солоніна

10.15–11.35

Засідання секції **Отримання водню**. Дискусія.

11.35–12.00

Кофе-брейк

12.00–13.20

Засідання секції **Зберігання водню**. Дискусія.

13.20–14.05

Обід

14.05–15.35

Засідання секції **Паливні комірки**. Дискусія.

15.35-16.00

Підведення підсумків сесії.

Заключне слово голови наукової ради Програми академіка НАН України Ю.М. Солоніна

Заключне слово голови робочої групи Програми чл.-кор НАН України П.Є. Стрижака

7 ГРУДНЯ 2017 р.

10.00–10.15

Відкриття сесії.

Вступне слово голови наукової ради Програми акад. НАН України Ю.М.Солоніна

10.15–11.35 ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

Головуючі:

Ю.М.Солонін (*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України*)

П.Є. Стрижак (*Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України*)

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ
ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ, СОНЦЯ ТА
ТЕРМАЛЬНИХ ВОД, ЯКІ МІСТЯТЬ СУПУТНІЙ ГАЗ**

Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

15 хвилин

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ДЕСТРУКЦІЇ ТВЕРДИХ ЧАСТОК
ВІДХОДІВ ТА УТВОРЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ ЗА РАХУНОК ЗМІНИ
СПІВВІДНОШЕННЯ ОБ'ЄМІВ ТВЕРДОЇ ТА РІДКОЇ ФАЗ У
ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ФЕРМЕНТЕРІ**

**Таширев О.Б.⁽¹⁾, Говоруха В.М.⁽¹⁾, Таширева Г.О.⁽¹⁾, Гаврилюк О.А.⁽²⁾, Белікова О.Ю.⁽²⁾,
Ястремська Л.С.⁽²⁾**

⁽¹⁾Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,

⁽²⁾ Національний авіаційний університет

15 хвилин

**ГАЗИФІКАЦІЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМ
ЕНЕРГОУСТАНОВОК З ГАЗИФІКАТОРОМ ШІЛЬНОГО ШАРУ**

Дудник О.М., Соколовська І.С.

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

15 хвилин

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ
ГЕНЕРАТОРІВ ВОДНЮ ІЗ ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Соловей В.В., Шевченко А.А., Зіпунніков М.М.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

15 хвилин

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УЧАСТІ В КОНКУРСАХ СПІЛЬНОЇ ІНІЦІАТИВИ
"ПАЛИВНІ КОМІРКИ ТА ВОДЕНЬ" ТА ПРОГРАМИ "ГОРИЗОНТ 2020" 2018-
2020РР**

Білан І.І., Левіна Д.А., Гудименко Т.В.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України

15 хвилин

Дискусія

12.00–13.20 ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ.

Головуючі:

Завалій І.Ю. (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України)

Єршова О.Г. (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України)

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АКТИВАЦІЇ СОРБЕНТІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ВОДНЕЄМНОСТІ; ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНЕЄМНОСТІ АКТИВОВАНИХ ЗРАЗКІВ

Вавриш А.С., Бондаренко Б.І., Марчук Ю.В., Пращеннік Ю.Г.

Інститут газу НАН України

15 хвилин

ПІДГОТОВКА СПЛАВУ ДО РОБОТИ ТА АКТИВАЦІЯ. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ НАКОПИЧУВАЧА ВОДНЮ

Щур Д.В., Матисіна З.А., Золотаренко О.Д., Копилова Л.І., Шапошнікова Т.І., Золотаренко А.Д., Золотаренко О.Д.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України

15 хвилин

УДОСКОНАЛЕННЯ МАСОГАБАРИТНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕТАЛОГІДРИДНИХ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ

Мацевитий Ю.М., Соловей В.В., Чорна Н.А.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

15 хвилин

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СОРБЦІЇ-ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ І ТИСКАХ ТА ЦИКЛІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ СИНТЕЗОВАНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ КОМПОЗИТИВ

Рудь О.Д., Прядко Т.В., Саввакін Д.Г., Лахник А.М., Дехтяренко В.А.

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

15 хвилин

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГЕРМЕТИЧНИХ ТОНКОСТІННИХ КОРПУСІВ БАЛОНІВ І СИЛОВИХ ОБОЛОНОК

Савицький М.М., Савицький О.М., Ващенко В.М., Шкрабалюк Ю.М.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

15 хвилин

Дискусія

14-05–15.35 ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ ПАЛИВНИ КОМІРКИ

Головуючі:

Васильєв О.Д. (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України)

Пірський Ю.К. (Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАН України)

КЕРАМІЧНА ПАЛИВНА КОМІРКА ДЛЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Полішко І.О., Іванченко С.Е., Бродніковський Д.М., Лисуненко Н.О., Бродніковський С.М., Головова М.Є., Шматов Я.Ю., Бричевський М.М., Самелюк А.В., Коваль О.Ю., Котко А.В., Даниленко М.І., Васильєв О.Д., Рагуля А.В.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

15 хвилин

КАТАЛІТИЧНІ ТА РЕСУРСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТІВ – ПРОТОТИПІВ АНОДІВ КПК В ПРОЦЕСАХ ОКИСНЮВАЛЬНОГО РИФОРМІНГУ C₁-C₄ АЛКАНІВ

Канцерова М.Р., Губарені Є.В., Чедрик В.І., Орлик С.М.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

15 хвилин

РОЗРОБКА НЕОБХІДНИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ТА КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ВОДНЕВИХ-ПОВІТРЯНИХ ПАЛИВНИХ БАТАРЕЙ

Пірський Ю.К., Омельчук А.О., Стезерянський Е.А., Панчишин Т.М.,

Тупчієнко О.С., Крупеннікова О.С.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАН України

15 хвилин

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОСТРУКТУРОВАНИХ Со-N-C ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ В ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ

Курись Я.І., Уставицька О.О., Мазур Д.О., Кошечко В.Г., Походенко В.Д.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

15 хвилин

ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ВПЛИВУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ КЕРАМІЧНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК ТА РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ЇХ ПІДВИЩЕННЯ

Осташ О.П.⁽¹⁾, Василів Б.Д.⁽¹⁾, Подгурська В.Я.⁽¹⁾, Пріхна Т.О.⁽²⁾, Свердун В.Б.⁽²⁾, Васильєв О.Д.⁽³⁾, Бродніковський С.М.⁽³⁾, Полішко І.О.⁽³⁾

⁽¹⁾ Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,

⁽²⁾ Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,

⁽³⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України.

15 хвилин

СИНТЕЗ ОЛІГОМЕРНИХ ДОНОРІВ АНІОНІВ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ НА ЇХ ОСНОВІ НАНОКОМПОЗИТНИХ ОРГАНІЧНИХ І ОРГАНО-НЕОРГАНІЧНИХ АНІОНООБМІННИХ МЕМБРАН

Шевченко В.В., Клименко Н.С., Гуменна М.А., Стрюцький О.В., Лобко Є.В., Клепка В.В.

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України

15 хвилин

15.35-16.00

Підведення підсумків сесії.

Заключне слово голови наукової ради Програми академіка НАН України
Ю.М. Солоніна

Заключне слово голови робочої групи Програми чл.-кор НАН України
Стрижака П.Є.

Закриття сесії.

ПОСТЕРНА СЕСІЯ

(Доповіді експонуються 10⁰⁰-16⁰⁰)

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕАР НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ І МАГНІЮ З ВОДОЮ В ШИРОКОМУ ІНТЕРВАЛІ ТЕМПЕРАТУР ТА ТИСКІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ ПРОДУКТІВ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ

Козін Л.Х., Манілевич Ф.Д., Данильцев Б.І., Куций А.В., Пірський Ю.К.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

РОЗРОБКА КАТОДНОГО КАТАЛІТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ РОЗЩЕПЛЕННЯМ ВОДИ У РЕВЕРСИВНІЙ ПАЛИВНІЙ КОМІРЦІ

Трепядько Д.О., Каменських Д.С., Євдокименко В.О., Ткаченко Т.В., Корж Р.В.

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ НА МЕТАЛ-ОКСИДНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

Долгіх Л.Ю., Столярчук І.Л., Стара Л.О., Пятницький Ю.І., Стрижак П.Є.

Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України

ВПЛИВ СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ ВОДНЮ

Слободянюк І.О., Русецький І.А., Щербакова, Л.Г.⁽¹⁾, Колбасов Г.Я., Данилов М.О., Фоманюк С.С., Солонін Ю.М.⁽¹⁾

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

⁽¹⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

ФОТОКАТАЛІТИЧНІ ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ШАРУВАТИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ ТА МЕТАЛХАЛЬКОГЕНІДІВ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ СВІТЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Швалагін В.В., Строук О.Л., Кучмій С.Я

Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ДОННИХ МУЛІВ

Жовтянський В.А., Петров С.В., Вакілов І.М., Вербовський О.В.,

Назаренко В.Г., Якимович М.В.

Інститут газу НАН України

ТЕОРЕТИЧНИЙ ПОШУК ОПТИМІЗОВАНИХ СТРУКТУР НАНОВУГЛЕЦЕВИХ СИСТЕМ, ЯКИМ ПРИТАМАННА ПІДВИЩЕНА АДСОРБЦІЙНА ЄМНІСТЬ ЩОДО МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ

Демяненко Є.М., Карпенко О.С., Лобанов В.В., Картель М.Т.

Інститут хімії поверхні ім.О.О.Чуйка

МЕХАНОСИНТЕЗ ГІДРОУТВОРЮЮЧОГО СПЛАВУ Mg + 5 % ваг. Fe + 5 % ваг. Si + 2% ваг. Ti ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕМПЕРАТУРИ І КІНЕТИКИ РОЗКЛАДУ

Єршова О.Г., Солонін Ю.М.

Інститут проблем матеріалознавства НАН України

**РОЗРОБКА МН-ВОЗДУШНОГО ЕЛЕМЕНТУ ДЛЯ ОБОРотної
ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОМІРКИ**

**Щербакова Л.Г., Патлун Д. В., Криницький А.В., Грайворонська К. А. , Галій О.З.,
Солонін Ю.М.**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України

**ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ МАГНІЮ: СИНТЕЗ ТА
СТРУКТУРА. ВПЛИВ ФАЗОВОГО ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НА ДЕСОРБЦІЙНІ
ВЛАСТИВОСТІ ТА ЦИКЛІЧНУ СТІЙКІСТЬ**

Завалій І.Ю., Березовець В.В., Денис Р.В., Рябов О.Б.

Фізико-механічний інститут НАН України

**РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ БАГАТОШАРОВОЇ СИСТЕМИ, ЯКА
СКЛАДАЄТЬСЯ З ЩІЛЬНОЇ ПЛІВКИ ЕЛЕКТРОЛІТУ ТА ПОРИСТОЇ ТОВСТОЇ
ПЛІВКИ КАТОДНОГО МАТЕРІАЛУ**

Коваленко Л.Л., Бродніковський⁽¹⁾ Є. М., Білоус А.Г., В'юнов О.І., Янчевський О.З.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

⁽¹⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

**СИНТЕЗ СКЛАДНИХ ОКСИДНИХ ТА МЕТАЛО-ОКСИДНИХ
ВОДЕНЬПРОНИКНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЯКОСТІ
КОМПОНЕНТІВ ТВЕРДООКСИДНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК**

Морозов І. А., Бездорожев О. В., Гетьман О. І.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ, СОНЦЯ ТА ТЕРМАЛЬНИХ ВОД, ЯКІ МІСТЯТЬ СУПУТНИЙ ГАЗ

Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П.
Інститут відновлюваної енергетики НАНУ України,
м. Київ-94, вул. Г.Хоткевича, 20А, geotherm@ukr.net

Видобування водню з застосуванням відновлюваних джерел енергії, а саме: сонця, вітру та тепла Землі, має ту особливість, що сонячна енергія має коефіцієнт використання 0,18, вітрова в середньому – 0,3, в той же час, як геотермальна енергія – 0,8-0,9. Такий коефіцієнт стосується використання енергії сонцю та вітру для виробництва електричної енергії. Підвищення ефективності видобування водню може бути здійснено двома шляхами, перший – це безпосередньо використання електричної енергії для видобування водню за рахунок використання електролізера, або застосування теплоти для підвищення температури води, яка застосовується в електролізері, згідно літературних даних, процес видобування водню зростає при підвищенні температури цієї води.

Проведено аналіз гідрогеологічних та геотермічних показників систем видобування геотермальних джерел енергії для умов України, на підставі якого обґрунтовано математичну модель отримання водню шляхом електролізу води з використанням енергії вітру, сонця та тепла Землі.

При математичному моделюванні енергосистеми на базі відновлюваних джерел енергії важливо враховувати такі параметри, як максимальні, середні та мінімальні досяжні значення потужності енергосистеми, характер розподілу випадкових значень сонячної радіації та швидкості вітру, тобто імовірні темп та амплітуда коливань поточних значень цих параметрів в режимі реального часу. При оптимізації потужностей енергосистеми першочерговим є визначення довготривалих показників, зокрема середніх значень сонячної радіації та швидкості вітру (або математичних сподівань). При цьому змінну складову системи "вітер-сонце" можна представити осередненими показниками, а саме коефіцієнтами використання встановленої потужності. Тоді обсяг отриманого водню, пропорційний спожитій електроенергії, визначатиметься інтегральним показником:

$$k_{\Sigma}^I = \alpha_1 \cdot k_w^{ef} + \alpha_2 \cdot k_s^{ef} + \alpha_3 \cdot k_g^{ef},$$

де k_w^{ef} , k_s^{ef} , k_g^{ef} – коефіцієнти ефективності (використання встановленої потужності) вітрової, сонячної та геотермальної електростанцій відповідно; α_1 – α_3 – частка потужності відповідних джерел енергії.

Для врахування фактора сезонності розглядаються характерні місяці – наприклад, січень, квітень, липень та жовтень як середини відповідних пів року.

Розроблено технологічні схеми систем отримання водню з застосуванням геотермальних джерел енергії, сонячного випромінювання та енергії вітру.

Перші дві технологічні схеми передбачають використання енергії сонця та вітру для отримання водню та застосування геотермальних джерел енергії для підвищення температури електролізера. Крім того, геотермальна енергія використовується для виробництва електроенергії з наступним її використанням для виробництва водню шляхом електролізу води та підвищенням дебіту геотермальної свердловини шляхом використання водню для створення ефекту "газліфту" добувної свердловини. Ця технологічна схема може бути доповнена сонячним та вітровими установками, які розташовані на території геотермальної електростанції, що дозволяє підвищити потужність електролізера, який використовує зазначені відновлювані джерела енергії.

Розраховано основні параметри систем отримання водню з використанням енергії вітру, сонця та термальних вод з різними вихідними даними.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ДЕСТРУКЦІЇ ТВЕРДИХ ЧАСТОК ВІДХОДІВ ТА УТВОРЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ ЗА РАХУНОК ЗМІНИ СПІВВІДНОШЕННЯ ОБ'ЄМІВ ТВЕРДОЇ ТА РІДКОЇ ФАЗ У ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ФЕРМЕНТЕРІ

Таширев О.Б.⁽¹⁾, Говоруха В.М.⁽¹⁾, Таширева Г.О.⁽¹⁾, Гаврилюк О.А.⁽²⁾,
Бєлікова О.Ю.⁽²⁾, Ястремська Л.С.⁽²⁾

⁽¹⁾ Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143,

tach2007@ukr.net, vira-govorukha@ukr.net

⁽²⁾ Національний авіаційний університет,

проспект Космонавта Комарова, 1, Київ, 02000, gav_olesya@ukr.net

Зростаюча кількість багатокомпонентних змішаних харчових відходів (ЗХВ) становить загрозу для довкілля. Вміст харчових відходів на звалищах досягає 50% від їх загального об'єму [1]. Утилізація таких відходів зумовлює значні фінансові витрати для суспільства та у багатьох випадках призводить до утворення вторинних токсичних відходів. Тому зараз проблема ефективної та рентабельної переробки багатокомпонентних змішаних харчових відходів є актуальною не тільки для України, а і для багатьох країн світу [1, 2].

Перспективним напрямком вирішення проблеми утилізації екологічно небезпечних ЗХВ є їх зброджування з утворенням екологічно чистого енергоносія – молекулярного водню [3, 4]. Удосконалення технології та розробка оптимального режиму зброджування відходів дозволить швидко та ефективно зменшити масу та об'єм ЗХВ, а також одночасно отримувати високоенергетичне паливо – молекулярний водень [1, 3].

У зв'язку з цим метою роботи була оптимізація співвідношення об'ємів твердої та рідкої фаз у горизонтальному ферментері для забезпечення високої ефективності синтезу молекулярного водню та деструкції багатокомпонентних харчових відходів.

Показано, що оптимізація співвідношення твердої фази (харчових відходів) до рідкої (води) підвищує ефективність водневого зброджування ЗХВ гранульованим мікробним препаратом (ГМП). Встановлено, що співвідношення твердої фази до рідкої 1:3 є оптимальним для ефективного синтезу водню з максимальною деструкцією відходів. За таких умов досягається високий вихід H_2 (123 л H_2 з 1 кг відходів) та висока ефективність деструкції відходів (коефіцієнт деструкції $Kd = 93$; час деструкції $T = 4$ доби). Визначено, що за співвідношення фаз 1:1 відбувається інгібування ферментації. Це проявляється у зменшенні виходу водню і деструкції відходів. За співвідношення твердої фази до рідкої 1:6 досягається висока ефективність синтезу водню – 127 л H_2 з 1 кг відходів, проте деструкція відходів не є ефективною ($Kd = 66,7$; $T = 3$ доби).

Таким чином, оптимізація співвідношення твердої фази до рідкої дозволяє підвищити ефективність синтезу H_2 та деструкції часток відходів. Отримані результати є основою для розробки ефективних промислових біотехнологій деструкції екологічно небезпечних ЗХВ з одночасним отриманням екологічно чистого енергоносія – молекулярного водню.

1. http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/1_docki2.nsf/alldocWWW/6BE77A603B2045E5C22577AD00686717?OpenDocument
2. Ntaikou I. Biohydrogen production from biomass and wastes via dark fermentation: a review / I. Ntaikou, G. Antonopoulou, G. Lyberatos // Waste Biomass Valor. – 2010. – Vol. 1. – P. 21–39.
3. Das D. Advances in biological hydrogen production processes / D. Das, T. N. Veziroglu // Int. J. Hydrog. Energy. – 2008. – 33. – P. 6046–6057.
4. Das D. Hydrogen production by biological processes: a survey of literature / D. Das, T. N. Veziroglu // Int. J. Hydrog. Energy. – 2001. – 26. – P. 13–28.

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕАР НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ І МАГНІЮ З ВОДОЮ В ШИРОКОМУ ІНТЕРВАЛІ ТЕМПЕРАТУР ТА ТИСКІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ ПРОДУКТІВ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ

Козін Л.Х., Манілевич Ф.Д., Данильцев Б.І., Куций А.В., Пірський Ю.К.
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
03680, Київ-142, пр. Палладіна 32/34, e-mail: kozin@ionc.kiev.ua

Протягом останніх десятиліть активно розвивається воднева енергетика, яка базується на використанні водню в якості енергоємного і екологічно чистого енергоносія та пального. Зокрема, значно зріс попит на паливні елементи різноманітного призначення, в яких в результаті анодного окиснення водню і катодного відновлення кисню генерується електричний струм. Для автономного живлення паливних елементів воднем пропонуються генератори водню гідролізного типу, в яких водень виділяється з води в результаті її реакції з енергоакumuлюючими речовинами (ЕАР). Перспективними для одержання водню з води є ЕАР на основі алюмінію та магнію, активованих металами-активаторами (Ga, In, Sn, Bi та ін.). На особливий інтерес заслуговують ЕАР, здатні виділяти водень з води вже при кімнатній температурі. В даній роботі одержані ЕАР на основі алюмінію та магнію, які активували евтектичним сплавом Ga-In-Sn або вісмутом, і досліджені закономірності гідролізу таких ЕАР в широкому діапазоні температур, а також фазовий склад продуктів гідролізу.

Алюміній легували евтектичним сплавом Ga-In-Sn з масовими частками відповідних компонентів 67/22/11 %. Масові частки такого сплаву в алюмінії складали 3, 5, 7 та 10 %. Усі одержані ЕАР реагували з дистильованою водою вже при температурі 25 °С. Волюмометричні вимірювання водню, який при цьому виділявся, показали, що збільшення масової частки сплаву Ga-In-Sn в алюмінієвому сплаві від 3 до 10 % привело до значного прискорення виділення водню. Характерно, що протягом перших хвилин реакції відбувалось активне розтріскування і подрібнення зразків сплавів, причому тим швидше, чим більшим був вміст потрійного евтектичного сплаву в алюмінієвому сплаві. За результатами волюмометричних вимірювань були розраховані і побудовані залежності швидкості накопичення водню та швидкості виділення водню в будь-який момент часу від тривалості гідролізу. Одержані залежності показали, що регулювання вмісту вказаного легуючого сплаву в ЕАР на основі алюмінію дає можливість виділяти водень з води зі швидкістю, необхідною для живлення ним паливних елементів.

Магній має значення стандартного електродного потенціалу більш негативне, ніж алюміній, тому є активнішим за алюміній. Виготовили сплави алюмінію з магнієм (1.5-5.0 %), активовані евтектичним сплавом Ga-In-Sn (5 %) або вісмутом (3 %), і дослідили закономірності їх гідролізу в широкому діапазоні температур (25-325 °С). Встановили, що сплав алюмінію з магнієм (1.5 %), активований евтектичним сплавом Ga-In-Sn (5 %) виділяє водень з води при температурі 25 °С повільніше, ніж такий же сплав без добавки магнію, але виділення водню відбувається з практично постійною швидкістю, що важливо для живлення паливних елементів.

Закономірності гідролізу сплавів алюмінію з магнієм (1.5, 3.0 та 5.0 %), активованих вісмутом (3 %), дослідили в реакторі високого тиску при температурах 250, 275, 300 та 325 °С. Швидкість накопичення водню при гідролізі усіх сплавів була високою і зростала при збільшенні температури гідролізу. При 250° С швидкість накопичення водню зменшувалась при зростанні вмісту магнію в сплаві як на початку, так і в кінці гідролізу, тоді як при 325 °С протягом першої хвилини найвищою була швидкість накопичення водню при гідролізі сплаву з масовою часткою магнію 5 %, а в подальшому накопичення водню відбувалось найшвидше при гідролізі сплаву з 1.5 % магнію. Дослідження фазового складу твердих продуктів гідролізу активованих вісмутом алюміній-магнієвих сплавів за допомогою рентгенофазового аналізу показало, що вони складаються з беміту, гідроксиду магнію та вісмуту.

РОЗРОБКА КАТОДНОГО КАТАЛІТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ РОЗЩЕПЛЕННЯМ ВОДИ У РЕВЕРСИВНІЙ ПАЛИВНІЙ КОМІРЦІ

Трепядько Д.О., Каменських Д.С., Євдокименко В.О., Ткаченко Т.В.,
Корж Р.В.

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України,
Мурманська 1, Київ, 02094, Україна, bort2001@ukr.net

Сонячне світло, безумовно, є рясним відновлюваним джерелом енергії, що забезпечує Землю енергією, запасів яких вистачить на задоволення всіх потреб людства в кілька сотень разів. Однак воно має розсіяну та періодичну дію, що створює проблеми щодо того, як найкраще її зібрати і зберегти для тих періодів, коли сонце не світить. Пристрої, які використовують сонячне світло, щоб розщепити воду на водень та кисень можуть бути єдиним рішенням цих проблем, оскільки водень є відмінним паливом. Однак для того, щоб такі пристрої стали широко поширеними, вони повинні бути дешевими у виробництві та експлуатації. Тому розробка електрокаталізаторів для розщеплення води, що містять тільки недорогі неотруйні елементи є актуальним завданням. *Мета роботи за проектом* полягає у розробці способу отримання водню розщепленням води на фотосенситивному аноді реверсивної паливної комірки, яка дозволяє акумулювати отримуваний водень та використовувати його для генерації електричного струму. *Мета роботи за етапом* — розробка катодного каталітичного матеріалу для реверсивної паливної комірки і дослідження процесу отримання водню розщепленням води.

В результаті виконання робіт за етапом розроблено методики отримання алюмо-нікель-молібденового каталізатора (металевий), графітоподібного вуглецю субнітриду (безметалевий, 2-D структура) і суміші оксидів заліза II і III (амфотерної природи) як перспективних катодних матеріалів. Склад, структуру і фізико-хімічні властивості синтезованих компонентів визначено методами рентген-флуоресцентного аналізу, рентгеноспектрального аналізу, елементного аналізу, скануючої електронної мікроскопії, Фур'є ІЧ-спектроскопії, визначення питомої провідності, а також виокремлення електронної та протонної складових. Приповерхневий шар пасивованого АНМ каталізатора містить оксиди нікелю (Ni_2O_3), молібдену (MoO_2 , MoO_3 , Mo_4O_{11}) та алюмінію Al_2O_3 із загальним складом $\text{Ni}_{2,8}\text{Mo}_{16,3}\text{Al}_{12,3}\text{O}_{68,6}$. Відновлення каталізатора забезпечує формування на поверхні частинок металічного нікелю, який у подальшому відіграє основну роль у генерації протонів з молекулярного водню, а також молібдату нікелю NiMoO_4 який виконує роль стабілізатора дисперсних частинок Ni . Елементний склад поверхневого шару активного компонента АНМ глибиною до 5 нм можна представити формулою (% ат.): $\text{Ni}_{2,9}\text{Mo}_{14,2}\text{Al}_{12,7}\text{O}_{70,2}$. Суміш оксидів заліза (II) і (III) має аморфну структуру, а синтезований субнітрид вуглецю являє собою шарувату структуру з системою триазинових і гептазинових циклів, загальної формули близької до $\text{C}_6\text{N}_9\text{H}_2\text{O}$. Виготовлені каталітичні композиції досліджені як катодні каталізатори фотоелектрохімічної комірки. Фотокомірка обладнана протонопровідною мембраною типу Nafion, прозорим віконцем площею $0,82\text{ cm}^2$ для проходження світла, анодним каталізатором на основі суміші оксидів заліза (II) і (III) і виводами для підключення вимірювальної апаратури. Визначено ряд активності каталітичних матеріалів за умов температури від 20 до 60 °C: алюмо-нікель-молібденовий < графітоподібний субнітрид вуглецю < суміш оксидів заліза (II) і (III). Здійснення реакції розщеплення води у температурному діапазоні від 200 до 400 °C змінює напрямок ряду активності: суміш оксидів заліза (II) і (III) < графітоподібний субнітрид вуглецю < алюмо-нікель-молібденовий. Відтак як катодний матеріал для низькотемпературних фотоелектричних комірок може бути рекомендований каталітичний контакт на основі суміш оксидів заліза (II) і (III), а для високотемпературних — алюмо-нікель-молібденовий каталізатор близький за складом до промислового каталізатора гідрокрекінгу.

ГАЗИФІКАЦІЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМ ЕНЕРГОУСТАНОВОК З ГАЗИФІКАТОРОМ ШІЛЬНОГО ШАРУ

Дудник О.М., Соколовська І.С.

Інститут вугільних енерготехнологій Національної академії наук України,
04070, м. Київ, вул. Андріївська, 19, aldudnik@bigmir.net

Проведено модернізацію установки газифікації твердих органічних відходів. Для безперервної роботи впродовж 12 годин виготовлено бункер твердих органічних відходів (ТОВ). Для розпалення газифікатора, регулювання температури та одержання синтез-газу без високомолекулярних сполук використано повітряний плазмотрон Tesla Cut 40. Розроблено, виготовлено та використано новий пристрій – спеціальну насадку (анод), що охолоджується водою, на повітряний плазмотрон для одержання повітряної плазми. Розраховано та розроблено конструкцію нового каталітичного реактора для конверсії високомолекулярних сполук зі застосуванням наноструктурованого Ni-каталізатора Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України.

Досліджено процеси газифікації пеллет з відходів деревини, відходів паперу, лушпиння соняшника, поліетилентерефталату (ПЕТ) та кам'яного вугілля. Результати технічного аналізу: пеллет, мас. % – вміст летких $V^a = 85,23$, фіксованого вуглецю $C_{\phi}^a=5,24$, золи $A^a=0,32$, вологи $W^a=9,21$; паперу, мас. % – $V^a = 67,43$, $C_{\phi}^a=4,43$, $A^a=24,31$, $W^a=3,83$; лушпиння соняшника, мас. % – $V^a = 81,01$, $C_{\phi}^a=5,22$, $A^a=1,67$, $W^a=12,1$; ПЕТ, мас. % – $V^a = 92,9$, $C_{\phi}^a=6,32$, $A^a=0,08$, $W^a=0,7$; вугілля – $V^a = 24,54$, $C_{\phi}^a=56,51$, $A^a=13,11$, $W^a=5,84$. В результаті повітряної газифікації ТОВ та вугілля одержано газ з нижчою теплою згоряння від 2,1 до 6,5 МДж/м³. Хімічний ККД газифікації становив 51-82 %. Тепло згоряння газу та хімічний ККД газифікації змінювались в залежності від реакційної спроможності твердого палива. Так, наприклад, склад одержаного газу після повітряної газифікації: вугілля, об. %: $H_2=5,1-6,8$, $CO=9,6-12,1$, $CO_2=10,3-12,2$, $CH_4=0,5-0,7$, $N_2=66,4-68,5$; пеллет, об. %: $H_2=13,5-15,1$, $CO=28,9-29,8$, $CO_2=5,9-7,6$, $CH_4=1,7-3,3$, $N_2=45,2-49,1$. Завдяки використанню наноструктурованого Ni-каталізатора зі співвідношенням компонент $CaO/NiO/Al_2O_3 = 10/10/90$ мас. % за температур газу 650-720 °С та теплової потужності повітряного газифікатора 7,8 кВт конвертувалось більше ніж 90 % високомолекулярних сполук. Склад газу після піролізу пеллет (одержаного після термоконтакту пеллет з попередньо розігрітими повітряним плазмотроном стінками газифікатора та шаром коксу), об. %: $H_2=31,7$, $CO=16,7$, $CO_2=14,4$, $CH_4=22,65$, $N_2=14,6$.

Розроблено принципові схеми нових когенераційних енергетичних установок (КЕУ) з використанням розробленого повітряного газифікатора, двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) або електрохімічного генератора на твердооксидних паливних елементах (ЕХГ на ТОПЕ). Наприклад, за витрати повітря на газифікацію 10,2 м³/год та використання ДВЗ: доля потужності плазмотрона та повітряного компресора у загальній тепловій потужності установки – 9,3 %; витрата органічної складової ТОВ - 11 кг/год; електрична потужність КЕУ брутто – 13,8 кВт, електрична потужність КЕУ нетто – 8,3 кВт (4 кВт для роботи плазмотрона та 1,5 кВт для роботи повітряного компресора); електричний ККД КЕУ брутто – 23,3 %, електричний ККД КЕУ нетто – 14,1 %; теплова потужність КЕУ щодо вироблення гарячої води на опалення – 33,2 кВт; тепловий ККД КЕУ щодо вироблення тепла на опалення – 63,9 %; термічний ККД КЕУ – 77,9 %. В разі використання ЕХГ на ТОПЕ замість електрогенератора з ДВЗ: електрична потужність КЕУ брутто – 30 кВт, електрична потужність КЕУ нетто – 24,5 кВт; електричний ККД КЕУ брутто – 50,6 %, електричний ККД КЕУ нетто – 41,4 %; теплова потужність КЕУ щодо вироблення гарячої води на опалення – 24 кВт; термічний ККД КЕУ – 81,9%.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ НА МЕТАЛ-ОКСИДНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

Долгіх Л.Ю., Столярчук І.Л., Стара Л.О., Пятницький Ю.І., Стрижак П.Є.
Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України
Проспект Науки, 31, Київ 03028 Україна, admini@inphyschem-nas.kiev.ua

В роботі проведено дослідження та аналіз впливу хімічного складу, структурно-розмірних характеристик, окисно-відновних та кислотно-основних властивостей метал-оксидних каталізаторів в процесі парового риформінгу (ПР) відновлюваної органічної сировини.

Знайдено нанорозмірний ефект в процесі парового риформінгу біоетанолу на нанофазних каталізаторах на основі оксидів міді та цирконію різної кристалічної модифікації. Питома швидкість утворення ацетальдегіду – ключового продукту парового риформінгу етанолу, $r_{\text{СНЗСНО}}$, при 300 °С мало залежить від середнього розміру частинок міді в діапазоні 5-35 нм; при зменшенні розміру частинок менше 5 нм спостерігається зниження $r_{\text{СНЗСНО}}$. Показано, що розмірний ефект проявляється в області $\text{Cu}/S_{\text{пт.}} < 7$ атомів·нм², що нижче дисперсної ємності ZrO_2 , яка для тетрагонального діоксиду цирконію складає 8,6 іонів Cu^{2+} ·нм⁻² і характеризує стан, в якому всі можливі вакантні місця на поверхні носія зайняті іонами міді. Як показали результати дослідження каталізаторів з використанням комплексу фізико-хімічних методів (РФА, РРЕГ, XAFS-спектроскопія, УФ-вид спектроскопія дифузійного відбиття, РФЕС) в даній області утворення об'ємного оксиду міді не спостерігається і формування активної фази відбувається, скоріш за все, з ланцюгових оксидних утворень. Із зростанням $\text{Cu}/S_{\text{пт.}}$ стає вірогідним формування більш крупних дисперсних мідьоксидних частинок, мікрочастини оксиду міді. Каталізатори, які містять такі частинки мають більш високу питому каталітичну активність. На основі одержаних результатів розроблено ефективний каталізатор перетворення біоетанолу на основі фериту міді CuFe_2O_4 , який характеризується високою дегідруючою здатністю.

Показано антибатність зміни температури максимумів піків температурно-програмованого відновлення воднем (які характеризують енергію зв'язку кисень-каталізатор) та виходу водню в процесі риформінгу в залежності від природи металу в кристалічній ґратці складних оксидів заліза. Це свідчить, що утворення цільових продуктів парового риформінгу – CO_2 і H_2 – обумовлено швидкістю окисно-відновних переходів в парах $\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$, яка в свою чергу залежить від здатності до відновлення і ступеня синергетичної взаємодії між іонами заліза і іонами другого металу в октаедричній ґратці складного оксиду.

Каталітичний паровий риформінг етанолу включає ряд елементарних реакцій, які відбуваються шляхом утворення різних проміжних сполук за участю як окисно-відновних, так і кислотно-основних центрів каталізатора. Серед досліджених складних оксидів заліза зі стійкою структурою спостерігалася висока селективність по ацетальдегіду для каталізаторів, що містять Zn і Mg : $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 > \text{MgFe}_2\text{O}_4 > \text{FeFe}_2\text{O}_4 > \text{MnFe}_2\text{O}_4$. Підвищення температури ПР приводить до перетворення ацетальдегіду в ацетон. Селективність по ацетону досягає 71% для FeFe_2O_4 і 63% для MnFe_2O_4 , тоді як для ZnFe_2O_4 та MgFe_2O_4 не перевищує 56%. Альдольна конденсація ацетальдегіду перебігає через утворення проміжної карбаніонної сполуки за участю кислотних центрів каталізатора. Таким чином, відносно висока селективність по ацетону, отримана для FeFe_2O_4 і MnFe_2O_4 , може пояснюватися наявністю на їх поверхні як основних, так і сильних кислотних центрів у порівнянні з феритами, що містять Zn та Mg , відповідно до результатів ТПД- CO_2 і ТПД- NH_3 . Для досягнення високої активності та селективності в процесі ПР необхідно мати відповідний баланс окисно-відновних і кислотно-основних характеристик в оксидному каталізаторі.

ВПЛИВ СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ ВОДНЮ

Слободянюк І.О., Русецький І.А., Щербакова, Л.Г.⁽¹⁾,

Колбасов Г.Я., Данилов М.О., Фоманюк С.С., Солонін Ю.М.⁽¹⁾

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,
03680 Київ-142, пр. Палладіна 32/34, Україна, e-mail: rusetskii@ionc.kiev.ua

⁽¹⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
03142 м. Київ, вул. Кржижановського 3, Україна, e-mail: larisa_c@ukr.net

Створення матеріалів із принципово новими характеристиками нерозривно пов'язане з одержанням нанорозмірних структур. Це стало можливим завдяки розробці цілого ряду нових методів, які дозволяють синтезувати електродні матеріали із властивостями, які регулюються на атомно-молекулярному рівні та які можуть бути ефективними для використання у фотоелектрохімічних системах. Досліджено вплив структури отриманих нанокompatитних плівок і гетероструктур, а також їх ефективність у фотоелектрохімічній (ФЕХ) комірці для отримання та акумулювання водню [1]. В якості фотоаноду використовували модифіковані сполуки типу $A^{II}B^{VI}$ (CdSe, CdTe та їх тверді розчини) з невеликою шириною забороненої зони, які добре поглинають видиме світло, а у якості катоду - воденьсорбуючі сплави або композитні сполуки на основі графенових матеріалів.

Відновлений оксид графена (ВОГ) одержували електрохімічним методом з окисненого графена (ОГ), отриманого електрохімічним окисненням багат шарових вуглецевих нанотрубок [2]. ОГ і ВОГ були ідентифіковані методами комбінаційного розсіювання, ІК спектроскопії, РФС, електронної мікроскопії та рентгенофазового аналізу.

Воденьсорбуючі сплави типу AB_5 (на базі $LaNi_5$) для катоду ФЕХ одержували методом електродугової плавки в захисній атмосфері аргону. Значення максимальної розрядної ємності по водню для $LaNi_{3.9}Co_{0.7}$ склало 275-280 мА·год/г. Циклювання показало, що в перших 30 циклах відбувається втрата ємності не більше ніж на 7 %.

Встановлено, що модифікування поверхні фоточутливих електродів наночастками V_2O_5 і MoS_x підвищує фотокаталітичну активність поверхні, поліпшує розподіл зарядів і перешкоджає процесам рекомбінації, що приводить до росту фотопотенціалу й к.к.д. електрода, а також його ефективності у фотоелектрохімічній комірці. Знайдено, що перенапряга виділення водню на катоді ФЕХ комірки зменшується при переході від вуглецевих нанотрубок до анодно окислених нанотрубок і далі - до електрохімічно відновленого оксиду графена. При нанесенні на поверхню ВОГ і оксиду графена MoS_x реакція виділення водню протікала більш ефективно, ніж на гладкій платині й нікелевій сітці.

Отримані електродні матеріали були використані при розробці біполярної фотоелектрохімічної системи з повітряним і воденьсорбуючим електродами, у якій не використовується йон-провідна мембрана. З попередніх дослідів було отримано, що для такої системи напруга становила $U = 1.035$ В в зарядженому стані; струм розряду воденьсорбуючого електроду складав $I_p \approx 200$ мА/г. Отримані результати свідчать про перспективність розробленої системи для отримання та акумулювання водню.

1. Г.Я. Колбасов, І.О. Слободянюк, І.А. Русецький, Л.Г. Щербакова, Ю.М. Солонін, в: В.В. Скороход, Ю.М. Солонін (Редактори), Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях, Видавництво „КІМ”: Київ, 2015, с. 106.
2. М.О. Danilov, І.А. Rusetskii, І.А. Slobodyanyuk, О.У. Khyzhun, G.Ya. Kolbasov, Eur. Chem. Bull. **5** (2016) 477.

ФОТОКАТАЛІТИЧНІ ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ШАРУВАТИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ ТА МЕТАЛХАЛЬКОГЕНІДІВ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ СВІТЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Швалагін В.В., Строюк О.Л., Кучмій С.Я

Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України,
03028 проспект Науки, 31, shvalagin@inphyschem-nas.kiev.ua

В доповіді представлені результати дослідження процесів фотокаталітичного одержання водню в системах на основі графітоподібного нітриду вуглецю (ГНВ), напівпровідникових композитних наноструктур, а також перетворення світлової енергії в фотоелектрохімічних сонячних комітках третього покоління.

Встановлено, що обробка масивного ГНВ концентрованою HNO_3 надає йому фотокаталітичної активності в реакції виділення молекулярного водню з водних розчинів похідних гідразину. Причиною активації ГНВ є елімінування частини атомів азоту з гептазинових блоків, формування структурних дефектів і карбоксильних груп, які виконують роль пасток фотогенерованих зарядів і активних центрів процесу.

Одержано композиційні матеріали на основі шаруватих ніобатів і ГНВ, з'ясовано їх фотокаталітичну активність під дією видимого світла в реакції виділення водню з водних розчинів електронодонорних субстратів як природного походження – мурашиної та молочної кислот, так і шкідливої речовини – несиметричного диметилгідразину. Встановлено, що порівняно з індивідуальним ГНВ швидкість виділення водню аз участю отриманих композитних фотокаталізаторів значно вища, що обумовлено ефективним розділенням фотогенерованих зарядів між компонентами композиту і зменшенням швидкості небажаного процесу рекомбінації фотогенерованих зарядів. Показано, що використання композитного фотокаталізатора дозволяє розширити перелік можливих електронодонорних сполук для досягнення високої швидкості фотокаталітичного виділення водню, у порівнянні з індивідуальним ГНВ.

Одностадійним гідротермальним синтезом одержано композити MoS_2/CdS , які на відміну від індивідуальних компонентів проявляють фотокаталітичну активність в реакції виділення водню з водних розчинів органічних кислот при дії видимого світла. Встановлено характер впливу різних чинників (співвідношення компонентів в композиті, природи і концентрації електронодонорного субстрату тощо) на ефективність перебігу фотокаталітичних процесів і показано, що при оптимальних умовах утворення водню відбувається з квантовою ефективністю 7,2 %.

Розроблено спосіб синтезу у водних розчинах наночастинок (НЧ) нестехіометричного сульфиду міді-індію (Cu-In-S), стабілізованих меркаптоацетатними йонами, а також наноструктур типу ядро-оболонка $\text{Cu-In-S}@ZnS$. З використанням нанокристалічного діоксиду титану та синтезованих наночастинок сформовані фотоанооди сонячних комірок з рідким електролітом. Показано, що найвищу фотоелектрохімічну активність демонструють фотоанооди $\text{TiO}_2/\text{Cu-In-S}@ZnS$, отримані при молярному співвідношенні $\text{Cu} : \text{In} : \text{S} = 1 : 5 : 10$ та оболонкою ZnS із співвідношенням $\text{Zn} : \text{Cu} = 1 : 1$. Фотоанооди $\text{TiO}_2/\text{Cu-In-S}@ZnS$ з оптимальним вмістом компонентів випробувані в двоелектродних сонячних комітках з водним полісульфідним електролітом та протиелектродом – гетероструктурами $\text{TiO}_2/\text{Cu}_2\text{S}$, приготовленими оригінальним методом фотоосадження. При опроміненні таких комірок ксеноновою лампою з інтенсивністю 30 мВт/см^2 ефективність перетворення світла складає 8,15% при потенціалі розімкненого кола близько 0,6 В і середньому факторі заповнення 0,42. Подібні сонячні комірки на основі НЧ Cu-In-S , не покритих оболонкою ZnS , показали значно нижчу активність - ефективність світлової конверсії становила близько 5,75%, що вказує на важливу роль пасивації поверхневих дефектів НЧ Cu-In-S широкоюзонним напівпровідником ZnS для досягнення ефективної генерації зарядів фотоанодами $\text{TiO}_2/\text{Cu-In-S}$.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ДОННИХ МУЛІВ

**Жовтянський В.А., Петров С.В., Вакілов І.М., Вербовський О.В.,
Назаренко В.Г., Якимович М.В.**

Інститут газу НАНУ України,
03113, м. Київ-113, вул. Дегтярівська, 39, zhovt@ukr.net

Для проведення експериментальних досліджень в Інституті газу НАН України створюється установка для паро-плазмової конверсії донних мулів станцій аерації та інших відходів.

Модуль реактора для паро-плазмової переробки донних мулів станцій аерації та інших відходів (див. рисунок 1) є елементом більш загальної паро-плазмової установки, яка включає також інші допоміжні вузли функціонування згаданого модуля та систему очищення продуктів газифікації. Технологічний процес здійснюється в закритому реакторі в умовах відсутності або дозованого додавання кисню. Модуль реактора виконується у металевому корпусі, футерованому зсередини шаром високотемпературної теплової ізоляції, причому цей шар ізоляції поширюється також на внутрішню поверхню каналу виходу продуктів газифікації (газоходу). Тепловий режим роботи реактора забезпечується за рахунок обігрівання його внутрішнього об'єму за допомогою плазмотрона. Реактор включає також шлюзову камеру для періодичного завантаження відходів.



Рисунок 1 – Модуль реактора для паро-плазмової переробки донних мулів станцій аерації

стаціонарної установки – це паливо та скидне тепло можуть використовуватись для потреб конкретного підприємства або ж для виробництва електричної енергії для зовнішніх споживачів.

В цілому установка оснащується великою кількістю датчиків температури, складу продуктів газифікації та інших параметрів, які будуть оброблятися контролером на основі потужного і швидкісного процесора INTEL Xeon E5-2650 та постійно накопичуватись в його базі даних. Це необхідно для забезпечення надійної та безпечної роботи установки в найбільш оптимальному режимі без участі, фактично, оператора.

Найближчим часом будуть експериментально перевірені залежності від компонентного складу реагентів показники енергетичної ефективності процесу газифікації донних мулів станцій аерації, що були отримані раніше. Найбільш доцільні з них будуть рекомендовані для практичного використання.

Плазмотрон для паро-плазмової переробки відходів потужністю 160 кВт працює на чистому повітрі, суміші повітря з паром та чистій парі.

Для підтримання процесу переробки вуглецевмісної сировини будуть поєднуватись як енергія електродугового генератора плазми, так і тепла енергія, яка отримується в результаті часткового згоряння цієї сировини в кисні. Включення до складу установки електродугового генератора пароводяної плазми дозволить отримати продукти газифікації високої якості, надійно контролювати процес газифікації незалежно від якості сировини, а також спростить початковий запуск установки. Вихідним продуктом роботи установки є альтернативне газове паливо.

В основі конструкції є теплоізольована шахтна піч, яка забезпечує найбільш економічний режим роботи установки з точки зору мінімізації енергетичних втрат. У варіанті транспортабельної установки альтернативне газове паливо може використовуватись для власних потреб, мінімізуючи енергоспоживання установки. А у варіанті

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕРАТОРІВ ВОДНЮ ІЗ ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Соловей В.В., Шевченко А.А., Зіпунніков М.М.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,
61046, м. Харків, вул. Пожарського, 2/10, solovey@ipmach.kharkov.ua,
shevchenko84@ukr.net, zipunnikov_n@ukr.net

Проектом передбачено розробку методики експерименту, вибір та адаптацію обладнання для створення дослідницького зразка установки, призначеної для вимірювання електрохімічних характеристик електродних матеріалів, а також визначення на основі експериментальних досліджень характеристики матеріалів активної маси та відпрацьовано технологію виготовлення електродів. Було створено лабораторну установку для моделювання процесів, що відбуваються в електрохімічній комірці. Оригінальним рішенням даної лабораторної установки було використання прозорого (скляного) корпусу реактора, що дозволило вести візуальний контроль процесу газовиділення на електродах. Використовуючи лабораторну установку проведено експериментальні дослідження, які спрямовано на визначення електрохімічної активності електродних пар в катодно-анодних системах. На основі аналізу впливу електродної поляризації на ефективність роботи генераторів водню (ГВ) з'ясовано, що внаслідок відхилення реальних процесів від термодинамічно-рівноважних різниці потенціалів і ККД ГВ менше значень електрорушійної сили і ККД, розрахованих за термодинамічними даними.

Визначено особливості перебігу процесів в реальних умовах на електродах, які призводять до появи електродної поляризації, що порушує лінійний характер вольт-амперної характеристики електрохімічного процесу у ГВ. На базі результатів аналізу зроблено висновок, що методи підвищення ефективності ГВ залежать як від його конструкції так і від режимів його роботи.

Розроблено методику експериментальних досліджень параметрів роботи лабораторної електролізної установки для одержання водню (H_2) і кисню (O_2) шляхом електрохімічного розкладання електроліту при циклічній подачі знакозмінних потенціалів на катодному і анодному електродах з використанням газопоглинаючого матеріалу для виготовлення активного електроду. Встановлено, що використання гальванічного Ni , як пасивного електрода, призводить до зниження перенапруги на відповідних напівциклах. Низьке перенапруження виділення H_2 (0,21 В) і O_2 (0,6 В) забезпечує генерацію газів без індукційного періоду безпосередньо з самого початку електрохімічного процесу в широкому діапазоні зміни параметрів електричного живлення, що особливо важливо для систем, які використовують відновлювальні джерела енергії, що характеризуються нерівномірністю надходження. На основі досліджень електрохімічних характеристик електродних пар сформованих з матеріалів без використання металів платинової групи визначено, що при промисловому виробництві електролізного обладнання, працюючого за пропонованою технологією, доцільно реалізувати нанесення гальванічного нікелю на каркас з вуглецевої сталі – це забезпечить високу електрохімічну активність електроду при низькій вартості його виготовлення. Оптимізація режимів роботи шляхом управління рівнем напруги при здійсненні електрохімічної реакції, дає можливість мінімізувати питомі витрати електроенергії на процес виділення водню на рівні 3,8-4,0 кВт·год/м³. Експериментально встановлено, що дана технологія отримання водню і кисню дозволяє виключити витрати електричної енергії на перехідний опір розділових мембран в зв'язку з їх відсутністю. При цьому забезпечується генерація H_2 (O_2) під високим тиском, рівень якого визначається міцністю конструкції та розчинністю газів в електроліті.

ТЕОРЕТИЧНИЙ ПОШУК ОПТИМІЗОВАНИХ СТРУКТУР НАНОВУГЛЕЦЕВИХ СИСТЕМ, ЯКИМ ПРИТАМАННА ПІДВИЩЕНА АДСОРБЦІЙНА ЄМНІСТЬ ЩОДО МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ

Демяненко Є.М., Карпенко О.С., Лобанов В.В., Картель М.Т.

Інститут хімії поверхні ім.О.О.Чуйка НАН України,
вул. Г. Наумова 17: 03164, м.Київ, demianenko@isc.gov.ua

Зростаючі вимоги до надійності сучасних сховищ для ефективних енергоносіїв зумовлюють гостру потребу в матеріалах, здатних забезпечити широкий інтервал умов експлуатації за рахунок притаманності подібним системам специфічних хімічних і фізичних властивостей. У зв'язку з виснаженням запасів енергетичних ресурсів все частіше як ідеальний енергоносіє розглядається молекулярний водень. Однак перехід на перспективну водневу енергетику неможливий без розробки надійних методів отримання, транспортування та зберігання водню у великих кількостях. Для ефективного та безпечного зберігання водню одним із найперспективніших методів є адсорбція його на вуглецевих матеріалах. Зокрема, це може бути графен ідеальної будови або зі належним чином підготовленими структурними дефектами, як специфічними центрами адсорбції. Метою даної роботи є встановлення методами квантової хімії (ТФГ, ВЗЛР, 6-31 G**) закономірностей взаємодії молекул водню з графеноподібними площинами, в яких наявні вакансії, що утворені шляхом вилучення одного чи декількох атомів Карбону.

Для моделювання хемосорбції водню біла задіяна супергратка графену, яка містила 32 атома Карбону на кожен адсорбований атом Гідрогену. При розгляді водневих пар використовувалась супергратка з 50 атомами Карбону, для близько розташованих атомів водню при великих відстанях між ними застосовувалась супергратка з 72 атомами Карбону.

Розрахунками встановлено, що довжина утвореного зв'язку С–Н становить 1,1 Å, вихід атома Карбону, зв'язаного з атомом Гідрогену, з площини кластера – 0,3 Å. Амплітуда модуляції графенового листа при адсорбції другого та третього атомів Гідрогену сягає 0,4 Å, в той час як висота внутрішньої рябі складає 0,7 Å, а радіус деформації навколо адсорбованого атома водню – 3,8 Å.

При розгляді пар хемосорбованих атомів Гідрогену слід виділити чотири їх типи: пари атомів Гідрогену можуть бути зв'язані з атомами Карбону однієї підрешітки, різних підрешіток, з однієї сторони площини графена чи з двох її сторін. Хемосорбція атомами Карбону з різних підрешіток виявилась найбільш енергетично вигідною. Результати розрахунків залежності енергії хемосорбції від відстані між атомами Карбону показали, що для всіх типів пар енергія хемосорбції атомів Гідрогену, відстань між якими менша 5 Å, нижча, ніж для великих відстаней.

При повному гідруванні розглянутого кластера відсоток водню (гравіметрична енергетична густина) складає 7,8, що переважає цільовий показник для матеріалів подібного типу (департамент енергетики США дає для цього показника значення 6,5). Другими характеристиками, які необхідні для зберігання водню є енергетичні бар'єри, які необхідно подолати для початку процесів гідрування та дегідрування. Вони відповідають енергії хемосорбції на атом водню для поодинокі водневої пари и для повністю гідрованого графена. Для цих величин одержані значення 0,53 eV (25,5 кДж/моль) та 0,42 eV (20,3 кДж/моль), які є цілком задовільні для потенціального застосування графена для збереження водню. Також встановлено, що мінімальна масова концентрація водню, яка приводить до відкриття енергетичної щілини на рівні Фермі складає 4,04 (50 % покриття) з шириною 1,75 eV.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що графен є багатообіцяючим матеріалом для збереження водню. Еквівалентність двох сторін графену радикально відрізняє його від вуглецевих нанотрубок.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АКТИВАЦІЇ СОРБЕНТІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ВОДНЕЄМНОСТІ; ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНЕЄМНОСТІ АКТИВОВАНИХ ЗРАЗКІВ

Вавриш А.С., Бондаренко Б.І., Марчук Ю.В., Праженнік Ю.Г.

Інститут газу НАН України,
м. Київ-113, вул. Дегтярівська, 39, umarch@i.com.ua

На цьому етапі продовжені дослідження сорбційної ємності вуглецевого матеріалу (нанотрубок), одержаного шляхом обробки свіжовідновленого заліза конвертованим природним газом. Огляд публікацій, присвячених методам вимірювання та механізмам адсорбції водню ВНТ-вміщуючими сорбентами, приводить до висновку про необхідність, додатково до методів їх одержання, застосування подальшої механічної та хімічної обробки з метою збільшення сорбційної воднеємності.

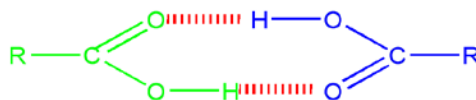
В останніх дослідженнях використано метод хімічної обробки «сирого» наноматеріалу кип'ятінням в кислоті, в процесі якого відбувається видалення пробок заліза на торцях нанотрубок, і в результаті – прискорення процесів сорбції-десорбції водню. Ефект спостерігався у паралельних дослідах, шляхом співставлення результатів адсорбції до та після обробки. Детально методика обробки викладена далі.

Нагрівали концентровану кислоту до кипіння (температура кипіння азотної кислоти становить 83°C), засипали у реактор порошок сорбенту. Спостерігалось різке підвищення температури на 20-30°C та виділення бурого газу, що свідчить про початок реакції. Розчин кип'ятили протягом 20 хв, охолоджували при кімнатній температурі. Сорбент відфільтро-ували та відмивали дистильованою водою до нейтральної реакції лакмусового папірця. Потім сушили у шафі протягом трьох годин при температурі 150 °C.

Повторне дослідження оброблених в кислоті зразків показало падіння вмісту неорганічних домішок у 2-4 рази та зсув максимуму температури окислення, що говорить про збільшення термічної стабільності, ступеня кристалічності, а значить зменшення вмісту аморфного вуглецю. Одержані дані показують, що запропонований метод очищення від домішок каталізатору та аморфного вуглецю є досить ефективним, навіть незважаючи на великі втрати сорбента при фільтруванні

Порівняння наносорбентів до та після обробки концентрованою азотною кислотою здійснювалось методом термогравіметричного аналізу, в результаті якого одержані відповідні дериватограми.

Всі карбоксильні групи на поверхні ВНТ здатні сформувати мережу водневих зв'язків між собою, таким чином збільшуючи енергію взаємодії між самими нанотрубками, що тягне за собою збільшення значення $T_{окс}$ та зсув піку на кривій ДСК в область високих температур.



Таким чином, обробка концентрованою азотною кислотою дозволяє зменшити вміст неорганічних домішок, але в той же час модифікує поверхню самих нанотрубок, що дає можливість підвищення стабільності нанотрубок.

Завданням цього етапу було також підвищення виходу наноматеріалу на одиницю витраченої вуглеводневої сировини – метану (природного газу) та пропан-бутанових сумішей. З цією метою також проведені експерименти з одержання ендогазу при значеннях коефіцієнту витрати повітря, нижчому від стехіометричного. Як показали термодинамічні розрахунки, за цих умов вихід вільного вуглецю істотно збільшується. В експериментах досліджені зразки ендогазу, одержані шляхом конверсії пропан-бутану при значеннях $\alpha \geq 0,3$.

ПІДГОТОВКА СПЛАВУ ДО РОБОТИ ТА АКТИВАЦІЯ. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ НАКОПИЧУВАЧА ВОДНЮ

**Шур Д.В., Матисіна З.А., Золотаренко О.Д., Копилова Л.І., Шапошнікова Т.І.,
Золотаренко А.Д., Золотаренко О.Д.**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України,
вул. Кржижанівського 3, Київ, 03142 Україна, shurzag@ipms.kiev.ua

Метою другого етапу роботи є підготовка сплаву до роботи та його активація, моделювання та розробка конструкції накопичувача водню. Враховуючи той факт, що металогідридний метод зберігання водню характеризується високою компактністю, безпекою та не надто високими енергозатратами, а також технологічну гнучкість металогідридного методу, можна констатувати, що він має хороші перспективи для застосування в якості джерела водню для паливних комірок та створення ефективних комбінованих систем зберігання водню. Тому він був застосований нами в цьому проекті.

В даному накопичувачі передбачається використовувати сплав-накопичувач водню типу АВ₅, виготовлений на основі комерційної церієвої лігатури (R = Ce /82,9 %/ – La – Pr – Nd – Fe – Al), а також лантану та нікелю технічної чистоти, що значно зменшить його вартість.

На другому етапі роботи було підготовлено сплав накопичувач водню до роботи та проведена його активація. Сплав виплавлявся у вигляді злитків (маса одного злитка ~100 г). Злитки сплаву подрібнювали та отриманий порошок (розмір частинок менше 1 мм) завантажувався у МГ контейнер накопичувача, після чого завантажувальний штуцер контейнера заварювали.

Кількість завантаженого у контейнер матеріалу становила 1,8 кг, що відповідає щільності засипки 3 г/см³.

Активацію матеріалу проводили безпосередньо у контейнері, шляхом нагрівання до 300 °С у динамічному вакуумі протягом 1 години, охолодження до кімнатної температури та наступного витримування у водні під тиском 50 бар при циклічному нагріванні до 200 °С та охолодженні до кімнатної температури. Після триразового повторення останньої операції виміряна оборотна водневостановителівність матеріалу ($P_{H_2} = 10 \dots 100$ бар; $T = 20 \dots 220$ °С) склала 1,62% мас. водню.

Було проведено моделювання, конструювання, виготовлення та атестація сосуду високого тиску накопичувача водню для паливних комірок.

УДОСКОНАЛЕННЯ МАСОГАБАРИТНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕТАЛОГІДРИДНИХ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ

Мацевитий Ю.М., Соловей В.В., Чорна Н.А.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України
вул. Дм. Пожарського, 2/10, м. Харків, 61046, Україна, chernaya-nata@ukr.net

У зв'язку з перспективністю використання водню, як екологічно чистого енергоносія, ростом масштабів його виробництва, розширенням областей застосування особливу актуальність набуває проблема тривалого, економічного, компактного та безпечного його зберігання.

Метою дослідження є розробка обґрунтованого підходу до створення раціональної конструкції металогібридної системи зберігання водню.

Для рішення комплексу проблем, що забезпечують створення раціональних досконалих конструкцій акумуляторів водню використана математична модель, що описує нестационарний процес термосорбційної взаємодії металогібрида (МГ) з воднем, яка дозволяє здійснити вибір гідридоутворюючого матеріалу з необхідними характеристиками; визначити геометрію та структуру шару, а також розташування теплообмінних поверхонь; дати оцінку ефективності методів інтенсифікації термосорбційного процесу та обрати найбільш доцільний метод в залежності від цільового призначення; оптимізувати параметри конструкції відповідно до заданих характеристик, які визначають загальну вагу системи, робочі тиски, необхідні витратні параметри, діапазон температури й ін.

Проаналізовано та надано оцінку ефективності методів інтенсифікації сорбційних процесів у металогібридних елементах систем зберігання водню. Встановлено, що оптимальні режими роботи металогібридної системи зберігання водню визначаються у відповідності з термодинамічними та теплофізичними характеристиками термосорбційних процесів.

У ході чисельного дослідження показана перевага методу інтенсифікації сорбційного процесу шляхом оснащення металогібрида теплопередачею матрицею, яка конструктивно виконана з пластин оребрення. Встановлено, що тривалість десорбції водню із шару МГ теплопередачею матрицею з мідних пластин у 3,0 рази менш, ніж у шару МГ із додаванням порошкової суміші міді та у 4,3 рази менш, ніж у шару МГ без вказаних елементів інтенсифікації.

На основі детальних розрахунків конструкції акумулятора водню з діаметром 0,04 м, у якому теплопередаюча матриця виконана з мідних пластин, досліджено вплив зміни геометрії внутрішнього оребрення акумулятора на процес тепломасопереносу в МГ. Зокрема результати дослідження впливу товщини пластини теплопередаючої матриці на процес десорбції свідчать, що в області збільшення товщини пластини в діапазоні 20 – 50 % тривалість процесу десорбції водню скорочується на 20 – 25 %. Зменшення товщини пластини в діапазоні 20 – 50 % приводить до збільшення тривалості десорбції до 32 %. При розробці конструкції необхідно враховувати, що виготовлення надтонкої пластини недоцільно з міркувань технологічного характеру, тому що при виконанні монтажних робіт неминуча деформація пластин при формуванні теплопередаючої матриці. В цьому випадку проблематичною стає виконання умови забезпечення рівномірної щільності засипання гідридоутворюючого матеріалу. Встановлено, що для обраної конструкції акумулятора водню найбільш доцільною товщиною пластини оребрення є $\delta=1,0 \cdot 10^{-4}$ м в діапазоні зміни товщини в межах 20 %.

При дослідженні впливу відстані між пластинами на процес десорбції водню встановлено, що при зменшенні проміжку між пластинами, процес інтенсифікується. Однак збільшення кількості пластин оребрення на одиницю довжини акумулятора веде до скорочення корисного об'єму МГ і, як наслідок, до зменшення вмісту в ньому водню (до 13 %). Для обраної конструкції акумулятора водню відстань між пластинами оребрення товщиною $\delta=1,0 \cdot 10^{-4}$ м не повинна перевищувати $5,0 \cdot 10^{-3}$ м.

МЕХАНОСИНТЕЗ ГІДРОУТВОРЮЮЧОГО СПЛАВУ Mg + 5 % ваг. Fe + 5 % ваг. Si + 2% ваг. Ti ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕМПЕРАТУРИ І КІНЕТИКИ РОЗКЛАДУ

Єршова О.Г., Солонін Ю.М.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України,
вул. Кржижанівського 3, Київ, 03142 Україна, **E-mail:** dobersh@ipms.kiev.ua

Методом реактивного механічного сплавлення синтезовано механічний сплав МС(Mg + 5 %ваг.Si + 5%ваг.Fe + 2% ваг.Ti) з розміром нанозерен 9 – 12 нм. При тиску водню 0,1МПа з застосуванням термодесорбційної спектроскопії досліджено водневу ємність, термічну стійкість, кінетику десорбції водню з гідридної фази MgH₂ отриманого МС. В результаті РМС на протязі 20 год. досягнута воднева ємність 5,6 % ваг., при гідруванні із газової фази - 5,5 та 5,1 % ваг. відповідно після 1-го і 10-го ц. гідрування-дегідрування. Температура початку десорбції водню з MgH₂ виявилась однаковою в обох випадках утворення (після РМС і гідрування із газової фази)–288⁰С. **Додавання до магнію Si, Ti, Fe призводить до покращення кінетики десорбції водню з гідридної фази MgH₂ МС у 2,5 рази.** Це покращення відбувається завдяки легуючим елементам Fe і Ti, їх хорошим каталітичним властивостям та впливу на хімічний стан поверхні; внесок Si у покращення кінетики незначний. Зниження рівноважної температури початку десорбції H₂ при його тиску 1 бар, яке свідчило би про зниження термодинамічної стабільності MgH₂ за рахунок механічного легування і утворення гідриду твердого розчину Mg(Si,Ti,Fe)H₂, не встановлено. Свідченням того, що в процесі синтезу МС вказаний гідрид твердого розчину практично не утворився, або утворився в дуже незначній кількості (незначне зменшення об'єму елементарної комірки V=62,025 Å³ гідридної фази MgH₂ МС в порівнянні з таким MgH₂ без легуючих елементів V=61,671Å³), може бути присутність у складі отриманого МС фаз TiH₂, Mg₂Si, Si, Fe (на утворення яких пішла значна кількість додаваних до магнію Si, Ti, Fe). Ефект дестабілізації MgH₂ кремнієм при концентрації в сплаві - 5% ваг. що невиявлений (такий ефект спостерігався при концентрації Si не менше 30% ваг.). Слід відзначити, що гідрування МС із газової фази, не дивлячись на інші умови (температура, тиск водню), не привело до суттєвих змін характеру кривої десорбції, що може свідчити про зворотність процесу гідрування-дегідрування отриманого механічного сплаву

РОЗРОБКА МН-ВОЗДУШНОГО ЕЛЕМЕНТУ ДЛЯ ОБОРОТНОЇ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОМІРКИ

Щербакова Л.Г., Патлун Д. В., Криницький А.В., Грайворонська К. А. , Галій О.З., Солонін Ю.М.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України
Вул. Кржижанівського 3, м. Київ, 03142, Україна larisa_c@ukr.net

В останні роки виникла ідея створення нового перспективного джерела струму – фото перезаряджаємої металгидрид / повітряної комірки. На основі експериментальних результатів і теоретичних оцінок показано, що реалізація паливної комірки, що містить гідридний (МН) і повітряний електроди в лужному електроліті технічно реалізується [1,2].

Метою роботи було розробка нових високоефективних матеріалів для виготовлення на їх основі воденьсорбуючих катодів та дослідження можливості використання повітряне - дифузійних електродів в якості катодів для розряду попередне заряджених в фото- та електрохімічної комірки МН-електродів. .

Загальна ємність МН -повітряного елемента лімітується ємністю МН електрода. В якості матеріалів МН-електродів було досліджено нові воденьсорбуючі сплави $\text{LaNi}_{3.9}\text{Co}_{0.7}$; $\text{LaNi}_{3.1}\text{Co}_{0.6}\text{Mn}_{0.21}\text{Al}_{0.07}$, $\text{ZrMn}_{0.5}\text{Ni}_{1.2}\text{Cr}_{0.2}\text{V}_{0.1}$, які отримано дуговою плавкою в середовищі аргону. Сплави порівняно легко активуються (3-7 циклів), здатні заряджатися і розряджатися струмами 80-100 мА / г з невисокою перенапругою (≤ 50 мВ), мають ємність за воднем 270-300 мА * ч / г і втрату максимальної розрядної ємності в перших 30 циклах $\leq 5\%$.

Основною проблемою в створенні МН- повітряного елемента є киснево-дифузний електрод, який, як правило, складається з суміші пористого вуглецю та каталізаторів, які прискорюють реакцію відновлення кисню. При виконанні роботи було досліджено вплив матеріалу основи повітряного електроду (металеві -Pt, Ni та вуглецева – графіт, сажа KS-5, активоване вугілля) і різних електрокаталізаторів (оксидів Co, Ni, Mn, Ag їх сумішей та шпінелей,) на процес відновлення на них кисню. Встановлено, що ефективність реалізації катодного процесу в лужному середовищі істотно залежить від типу використаного каталізатора. Зростання катодних струмів в області потенціалів відновлення кисню (-0.15..0.10 В) збільшується в послідовності $\text{Co}_2\text{O}_3 < \text{Co}_3\text{O}_4 < \text{MnO}_2 < \text{AgMnO}_4 < \text{Ag}_2\text{O}$. Показано можливість розряду попередне зарядженого МН- електроду в системі МН- повітряний катод. Кращі результати одержано в МН- повітряних комірках, в яких в якості каталітичних матеріалів повітряних електродів використовували оксиди металів (Ag_2O , MnO_2) та каталітичні композити ($x \text{MnO}_2 + y \text{Co}_3\text{O}_4$).

1. D. Chartouni, N. Kuriyama, T. Kiyobayashi, J. Chen// I/Int. J. Hydr. Ener, 2002.- V. 27, №9. - P. 945- 952.
2. D Chartouni, N Kuriyama, T Kiyobayashi, J Chen //J.of All. and Comp. – 2002. - V. 330–332. - P.766–770.

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ МАГНІЮ: СИНТЕЗ ТА СТРУКТУРА. ВПЛИВ ФАЗОВОГО ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НА ДЕСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЦИКЛІЧНУ СТІЙКІСТЬ

Завалій І.Ю., Березовець В.В., Денис Р.В., Рябов О.Б.

Фізико-механічний інститут НАН України,
79060, м. Львів, вул. Наукова, 5 ihor.zavaliy@gmail.com

Магній (Mg) є одним із перспективних матеріалів для зберігання водню через високу ємність (7,6% мас.). Однак кінетика реакції абсорбції та десорбції водню занадто низька для практичного використання та потребує температур вище 300 °С. З метою покращення кінетики проведено багато досліджень композитів Mg або MgH₂ з незначними кількостями перехідних металів або оксидів перехідних металів, отриманих механохімічним помелом [1,2]. Показано, що добавки з нано оксидів перехідних металів Nb₂O₅, V₂O₅ і TiO₂ призводять до значного каталітичного впливу на десорбційні властивості водню з MgH₂. У профілях XRD для всіх продуктів після дегідрування виявлено зростання кількості MgO, що пояснюють відновленням оксиду перехідного металу [3]. Проте роль оксиду металів як каталізатора до кінця не з'ясована. Нами досліджено каталітичний вплив нанорозмірних порошоків титану та оксиду титану на кінетику сорбції-десорбції водню, циклічну стабільність і структуру композитів на основі магнію.

Вихідними компонентами для приготування гідридних нанокомпозитів були порошок магнію (Fluka, 99+%) з розміром частинок 0,1-0,3 мм та нанопорошки Ti та TiO₂ (av.size 50-60 nm). Гідридні композити одержані методом реактивного кульового помелу у середовищі водню в планетарному млині Fritsch Pulverisette-6 за тиску водню до 2 МПа. Рентгенофазовий аналіз композитів після реактивного помелу у водні показав утворення двох модифікацій гідриду магнію: α-MgH₂ та γ-MgH₂. В композиті з оксидом титану кількість останнього зменшується внаслідок часткового відновлення магнієм. Під час помелу композит Mg–5 мас.% нано-Ti поглинає 7,2 мас.% H, а повна десорбція водню з композиту відбувається у широкому діапазоні температур 180-460 °С з основним піком при 295 °С, який пов'язаний з розкладанням MgH₂. Дуже слабкий пік при 420 °С відноситься до виділення водню з гідриду Ti. Температура піку розкладу гідридного композиту Mg–10 мас.% нано-TiO₂ є значно нижча та складає 225 °С. Повторне наводнювання композитів проводили за тиску 0,1-2 МПа H₂ та температурах від 20 до 350 °С. Дані композити повільно поглинають водень навіть за кімнатної температури, проте для повного насичення потрібно кілька годин. Швидкість абсорбції водню зростає

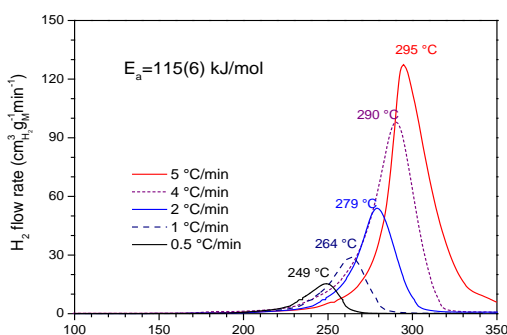


Рис. ТДС для гідридного композиту Mg–5мас.% нано-Ti за різної швидкості нагрівання.

у кілька разів при підвищенні температури. Розрахунками енергії активації показали, що вплив додатків нанопорошків Ti та TiO₂ носить не термо-динамічний, а кінетичний характер. Ці дані отримані з кривих термодесорбції водню у вакуумі з різною швидкістю нагрівання. Різниця величини між енергіями активації для чистого магнію та композиту з наночас-тинками становить близько ~ 200 кДж/моль H₂, що близько до даних [2]. Можна зробити висновок, що композити з каталізаторами нано-розміру можуть володіти покращеними властивостями сорбції-десорбції водню.

1. Bobet, J.-L.; Chevalier, B.; Song, M. Y. *et al. J. Alloys Comp.* **2003**, 336, 292.
2. Hanada, N.; Ichikawa, T.; Fuji, H. *J. Phys. Chem. B* **2005**, 109, 7188.
3. Hanada, N.; Ichikawa, T.; Hino, S.; Fujii, H. *J. Alloys Comp.* **2006**, 420, 46.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СОРБЦІЇ-ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ І ТИСКАХ ТА ЦИКЛІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ СИНТЕЗОВАНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ КОМПОЗИТИВ

Рудь О.Д., Прядко Т.В., Саввакін Д.Г., Лахник А.М., Дехтяренко В.А.

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,

rud@imp.kiev.ua

На основі концепції «Laves phase-related BCC solid solution» було вивчено сплави з високими сорбційними властивостями та м'якими термодинамічними і кінетичними характеристиками процесів гідридоутворення. Попередні дослідження показали, що найкращі сорбційні параметри гідрування інтерметалідів типу AB_2 притаманні сплавам, в яких одночасно з фазою Лавеса співіснує ОЦК твердий розчин із високою стабільністю утворених гідридів та кінетикою реакції, близькою до інтерметалідів. При дослідженні сплавів системи Ti-Zr-Mn-V вдалося стабілізувати β -фазу у вихідному стані, реалізувати вимогу мінімального вмісту Mn в λ -фазі, а також посунути межу області гомогенності інтерметаліду $(Ti,Zr)(Mn,V)_{2-x}$ у напрямку твердого розчину, що дало змогу підвищити сорбційну ємність сплавів загалом. У сплавах системи Ti-Zr-Mn-(Cr,V) $(Ti_{0,34}Zr_{0,66})Mn_1V_{0,1}Cr_{0,1}$ при зниженні вмісту Mn шляхом часткової заміни Cr інкубаційний період склав 10 хв., процес поглинання тривав 5 хвилин, а воднева ємність склала 2,08 мас.%. За даними РФА при наводненні утворюються гідриди тільки на основі вихідних фаз. Порівнюючи ці дані з даними для сплавів, що мають у структурі тільки фазу Лавеса, можна стверджувати, що присутність ОЦК твердого розчину не погіршує кінетичні параметри процесу гідрування і сприяє підвищенню водневої ємності. За рахунок повної руйнації монолітних зразків та утворення внаслідок гідрування тонкодисперсних порошків з активованою поверхнею, починаючи з другого циклу сорбції-десорбції інкубаційний період скорочується до $2\div 3$ с, поглинання водню відбувається майже миттєво, циклічна ємність синтезованих гетерогенних гідридів сплавів системи Ti-Zr-Mn-(Cr,V) залишається стабільною. За даними мас-спектрометричних досліджень Cr зменшує термічну стабільність отриманого продукту гідрування. Десорбція розпочинається при тиску $4\cdot 10^{-3}$ Па при кімнатній температурі, максимальна швидкість виділення досягається при 115°C , а при 300°C реверсивна ємність сягає $\sim 100\%$.

Було досліджено загальні закономірності та кінетику взаємодії з воднем порошкових лігатур систем легування Ti-Al-V-Fe, Ti-Al-Mo-Fe та V-Fe-Al за різних термобаричних умов. Визначено термокінетичні параметри оборотного насичення воднем (наводнення і наступне видалення водню) цих матеріалів. Отримані результати є важливими для розуміння фізико-хімічних процесів (зокрема температурних інтервалів сорбції/десорбції водню, об'ємних ефектів), що відбуваються при синтезі титанових сплавів з багатокомпонентних сумішей наводнених порошків титану і вказаних порошкових лігатур.

Досліджено структуру, фазовий склад та будову композитів на основі магнію та твердофазних диспергентів із шаруватими кристалічними ґратками залежно від умов синтезу та їх взаємодію з воднем. Експерименти проведено на порошкових сумішах наступного складу: 90%Mg-10%h-BN; 80%Mg-10%MoS₂-10%h-BN і 80%Mg-10%С-10%h-BN. За результатами РФА встановлено, що характер структурних змін аналогічний композиціям, дослідженим на попередньому етапі: одночасно має місце інтенсивне розшаруванням твердофазного диспергена і різке зменшення розмірів кристалітів магнію в порошкових сумішах. Досліджено взаємодію механоактивованих композитів з воднем в умовах неперервного нагрівання від кімнатної температури до температури 450°C . Визначені температурні інтервали поглинання/вивільнення водню. Механоактивовані композиції, до складу яких входили MoS₂ та/або h-BN характеризуються пониженням активності при взаємодії з воднем на відміну від сумішей, які містили вуглець, причому спостерігається утворення виключно гідриду магнію.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГЕРМЕТИЧНИХ ТОНКОСТІННИХ КОРПУСІВ БАЛОНІВ І СИЛОВИХ ОБОЛОНОК

Савицький М.М., Савицький О.М., Ващенко В.М., Шкрабалюк Ю.М.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України,
03150, м. Київ-5, вул. Казимира Малевича, 11, sam@paton.kiev.ua

Конструкція легкого балону високого тиску для накопичення, зберігання і використання водню передбачає наявність двох елементів: легкого зварного корпусу і зовнішньої силової оболонки. Основною вимогою до зварного корпусу є його повна герметичність і мінімальний коефіцієнт дифузії водню. Робоче навантаження сприймає зовнішня силова оболонка, яка забезпечує працездатність конструкції в умовах статичного і циклічного навантажень. Виходячи із цих вимог, а також враховуючи необхідність забезпечення мінімальної маси балону, його корпус доцільно виготовляти із тонколистових (0,5-1мм) аустенітних сталей типу 08X18H10T, X18H9T 12X18H9T, 12X18H10T. Теплопровідність цих сталей у 5-6 разів нижча, ніж у чистого заліза, а її залежність від температури нагріву протилежна теплопровідності заліза, яка знижується по мірі нагріву. Теплопровідність аустенітних сталей зростає досягаючи максимуму, який відповідає мінімуму теплопровідності заліза. Таким чином, при зварюванні аустенітних сталей інтенсивність відводу тепла із зварювальної ванни (шва) низька і знижуються в міру охолодження металу. Це одна з причин утворення напруг в металі і деформацій конструкції, а також утворення в металі шва таких дефектів, як утяжини і рихлоти.

Технологія виготовлення корпусу балону передбачає виконання одного поздовжнього шва обичайки, двох кільцевих швів денець з обичайкою, кільцевих швів штуцера і псевдоштуцера. Враховуючи кількість зварних з'єднань, малу товщину корпусу та коефіцієнт лінійного розширення аустенітних сталей, який майже вдвічі перевищує аналогічні показники у сталей інших класів, вибір способу зварювання проводився виходячи з вимог мінімізації тепловкладення в зварні з'єднання та маси наплавленого металу, що зменшує деформації корпусу, попереджає утворення рихлот і утяжин в зварних швах та їх провисання. Цим вимогам відповідає аргоно-дугове зварювання вольфрамовим електродом.

Усі зварювальні операції повинні виконуватись в автоматичному режимі. Зварні шви повинні виконуватись із захистом інертним газом зворотної сторони шва від окислення. Після зварювання на поверхні тонкостінного корпусу формується силова оболонка.

Виходячи із призначення обладнання та задач, які воно повинно вирішувати, розроблено технічні вимоги до універсальної установки. По технічним вимогам розроблено конструкцію універсальної установки для зварювання тонкостінного корпусу балону та формування на його поверхні силової оболонки.

Установка передбачає чотири типи комплектації: для зварювання поздовжнього шва обичайки; для зварювання днищ з штуцером і псевдоштуцером, для зварювання днищ з обичайкою; для формування на поверхні зварного корпусу силової оболонки.

Керування усім комплексом обладнання у складі установки здійснюється за наперед заданою програмою, яка вводиться з комп'ютера в блок керування. В конструкції установки задіяні програмовані приводи переміщення робочих органів.

Виготовлення балонів планується партіями з почерговим виконанням усіх операцій. Спершу виконуються почергово усі зварні з'єднання партії корпусів. Установка налагоджується на кожну зварювальну операцію, а відповідна програма вводиться в блок керування. Після виконання зварних з'єднань корпусів, установка переналагоджується і перепрограмується на формування силової оболонки.

Таким чином у 2017 році досліджено вплив властивостей аустенітних сталей на якість їх зварних з'єднань; розроблено технологію зварювання тонкостінних герметичних корпусів балонів і конструкцію універсального обладнання для виготовлення балонів.

КЕРАМІЧНА ПАЛИВНА КОМІРКА ДЛЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Полішко І.О., Іванченко С.Е., Бродніковський Д.М., Лисуненко Н.О.,
Бродніковський Є.М., Головкова М.Є., Шматов Я.Ю., Бричевський М.М.,
Самелюк А.В., Коваль О.Ю., Котко А.В., Даниленко М.І.,
Васильєв О.Д., Рагуля А.В.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Кржижановського, 3, м. Київ, 03142,
oleksa.vasylyev@gmail.com, bregor@ukr.net

Перспективним напрямком розвитку енергетичної галузі України є розроблення і впровадження енергосистем нового покоління, які дозволять не лише покращити ефективність використання палива (метан, водень, СО тощо), а і підвищити екологічність виготовлення електричної енергії. Такими енергосистемами для України можуть стати електрогенератори на основі керамічних паливних комірок (КПК), оскільки в Україні знаходяться чи не найбільші в світі поклади піску цирконію. Останній є сировиною для виготовлення порошку стабілізованого діоксиду цирконію основного матеріалу для виготовлення КПК. Тобто, в Україні є всі передумови реалізації ідеї "From Powder to Power", яка передбачає створення повного циклу виробництва високотехнологічних електрогенеруючих систем на основі КПК.

Отже, робота на даному етапі Проекту спрямована на апробацію українського порошку діоксиду цирконію при виготовлення плоских КПК за допомогою методу стрічкового лиття та порівняння її електричних властивостей з комерційним аналогом.

За результатами роботи було розроблено методику виготовлення КПК за допомогою плівкових технологій (стрічкове литво, трафаретний друк) та виготовлено КПК на основі порошку діоксиду цирконію 8YSZ українського виробництва (NOVITECH Science & Technology Centre та Zirconia Ukraine, Ltd.). Плівки аноду NiO – 8YSZ та електроліту 8YSZ, отримані методом стрічкового лиття, були заламіновані у напів-комірку і спечені при 1400 ° С. Комерційний катодний матеріал (LSM – 8YSZ) наносили на спечену пів-комірку методом трафаретного друку з послідовним спіканням при 1100 °С. Виготовлена КПК та комерційна КПК з аналогічним складом (8YSZ електроліт, анод NiO – 8YSZ та катод LSM – 8YSZ) були випробувані за однакових умов (температура, швидкість подачі газів). Встановлено, що розроблена КПК має вищі характеристики ефективності роботи у порівнянні з комерційною. Так, українська КПК продемонструвала максимальну питому потужність на рівні 4,2 мВт/см² при 800 °С Сливкою час як комерцій
2,8 мВт/см². Таким чином, український порошок може бути використаний для виготовлення КПК та розроблена методика стрічкового лиття є перспективною і може бути використана як основа для подальшого розроблення технології промислового виготовлення КПК.

Розробка методології одержання багат шарової системи, яка складається з щільної плівки електроліту та пористої товстої плівки катодного матеріалу

Коваленко Л.Л., Бродніковський⁽¹⁾ Є. М., Білоус А.Г., В'юнов О.І., Янчевський О.З.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
03680, Київ-142, пр. Паладіна 32/34, belous@ionc.kiev.ua

⁽¹⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України
03680, Київ, вул. Кржижановського 3, bregor@ukr.net

Перспективність створення твердотільних паливних комірок плівкової конструкції на основі багат шарових систем обумовлена високою ефективністю, компактністю та екологічністю. Як твердий електроліт та основу аноду перспективно використовувати цирконієву матрицю, стабілізовану складними оксидами скандію (III) і церію (IV) $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$, яка характеризується високою провідністю по кисню.

Нанопорошки $ZrO_2 - Sc_2O_3 - CeO_2$ синтезували шляхом осадження із водних розчинів. Як вихідні реагенти використовували $ZrCl_4$, $Sc(NO_3)_3$, $Ce(NO_3)_3$ і NH_4OH . Встановлено, що при використанні послідовного осадження при оптимальних значеннях рН, формуються слабкоагломеровані нанопорошки ($K_{\text{фільтр}} = (0.8 \div 1.5) \times 10^{-5}$ см/с), які легко відмиваються, на відміну від осадів такого ж складу, які отримані методом сумісного осадження ($K_{\text{фільтр}} = (2 \div 5) \times 10^{-7}$ см/с).

З одержаних слабкоагломерованих нанопорошків одержували керамічні зразки, а також товсті плівки методом лиття (tape casting) на підкладці полікор. Спінання зразків при температурах 1390-1400 °С/10-12 год дозволило отримати щільну (5,45-5,67 г/см³) кераміку з однофазною с- ZrO_2 структурою. Товщина одержаних товстих плівок становила 15÷18 мкм, розмір зерен був 0,5÷1.5 мкм. Провідність товстих плівок при 700 °С була в 2.5÷3 рази менше, ніж керамічних зразків відповідних складів. В той же час енергія активації плівок є нижчою ($E_{\text{ак}} \text{ плівок} - 1,167$ еВ, $E_{\text{ак}} \text{ кераміки} - 1,344$ еВ), тому різниця провідності товстих плівок і кераміки зі зниженням температури зменшується. Отримані товсті плівки мають провідність $4 \cdot 10^{-4}$ См/см при 600 °С та $2,4 \cdot 10^{-3}$ См/см при 700 °С; при цьому електрона провідність на 2 порядки нижча, порівняно з провідністю по кисню.

Одержана багат шарова система, яка складається з пористих полікристалічних товстих плівок аноду, катоду та щільної плівки твердого електроліту. Встановлено, що при застосуванні добавки таніну, ламінування, термоудару (500 °С/хв) та оптимальної температури термообробки (1100 - 1300 °С) вдається уникнути процесів дифузії катіонів в граничний прошарок плівок аноду, катоду та зміни хімічного складу плівки електроліту. Розроблені багат шарові системи можуть бути використані при виготовленні низькотемпературної (600 °С) паливної комірки плівкової конструкції.

СИНТЕЗ СКЛАДНИХ ОКСИДНИХ ТА МЕТАЛО-ОКСИДНИХ ВОДЕНЬПРОНИКНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ ТВЕРДООКСИДНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

Морозов І. А., Бездорожєв О. В., Гетьман О. І.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України,
вул. Кржижановського, 3, м. Київ-142, 03680, imorozov@i.ua,
oleksii.bezdorozhev@gmail.com, olgahetman@yahoo.com

Твердооксидна паливна комірка з протонною провідністю – це електрохімічний пристрій, що здатний перетворювати хімічну енергію реакції водню з киснем в електричну при температурах 500–800 °С. Основними складовими елементами паливної комірки є щільний керамічний електроліт, пористий метало-керамічний анод та керамічний катод, основою для яких слугують оксиди з кристалічною структурою типу перовськіту. Відомо, що загальна ефективність паливної комірки та електрохімічні властивості її компонентів суттєво залежать від умов синтезу і спікання порошків. Тому нами було проведено відпрацювання технологічних параметрів синтезу та спікання оксидів на основі перовськіту BaZrO_3 .

В роботі для одержання порошків складних оксидів застосовано метод твердофазного синтезу з використанням карбонату барію та оксидів металів в якості вихідних матеріалів. Для цього вихідні матеріали в необхідних кількостях змішували та відпалювали на повітрі при 800 °С, 900 °С, 1000 °С та 1100 °С впродовж 2 год. Вплив температури відпалу на фазоутворення перовськітів досліджували за допомогою рентгенофазового аналізу (РФА). Встановлено, що після відпалу при температурах 800 °С та 900 °С порошки містять залишки BaCO_3 внаслідок неповного проходження реакції твердофазного синтезу. Тоді як температура відпалу 1000 °С забезпечує оптимальні умови для одержання монофазного оксиду складу $\text{BaZr}_{0,6}\text{Co}_{0,4}\text{O}_{3-\delta}$, який було вибрано в якості катоду паливної комірки.

З метою одержати електроліт складу $\text{BaZr}_{0,8}\text{Ce}_{0,1}\text{Sc}_{0,1}\text{O}_{3-\delta}$ також було проведено вивчення еволюції фазового складу під час відпалу при температурах 800–1100 °С впродовж 2 год. Встановлено, що реакція утворення перовськіту починається вже при 800 °С, в результаті якої відбувається взаємне розчинення оксидів Zr, Ce і Sc та їх взаємодія з BaCO_3 з наступним утворенням сполуки. Збільшення температури відпалу до 1000 °С дозволяє завершити процес формування перовськіту та одержати однофазний порошок. Аналогічні параметри твердофазного синтезу також забезпечують умови для одержання двофазного порошку складу $\text{NiO/BaZr}_{0,8}\text{Ce}_{0,1}\text{Sc}_{0,1}\text{O}_{3-\delta}$ (масове співвідношення 1:1) для його подальшого використання в якості аноду паливної комірки. Збільшення температури відпалу до 1100 °С призводить до утворення міцних агломератів частинок.

Після оптимізації умов синтезу порошків було проведено відпрацювання технології спікання пресовок при температурах 1400 °С, 1450 °С та 1500 °С впродовж 5 год в середовищі повітря з метою одержати щільний електроліт та пористий анод і катод. Встановлено, що спікання порошків $\text{BaZr}_{0,6}\text{Co}_{0,4}\text{O}_{3-\delta}$ і $\text{NiO/BaZr}_{0,8}\text{Ce}_{0,1}\text{Sc}_{0,1}\text{O}_{3-\delta}$ при температурі 1400 °С дозволяє одержати матеріали з пористістю 25-30%, що відповідає вимогам до електродів паливної комірки. У свою чергу ущільнення композитів до густини 95% від теоретичної можливе при температурі спікання не менше ніж 1500 °С. Відповідно до РФА спечений електроліт та катод є однофазною керамікою, а анод – двофазним композитом. Подальша робота буде направлена на вивчення структури, експлуатаційних властивостей одержаних матеріалів, та впливу вмісту Sc_2O_3 на властивості електроліту $\text{BaZr}_{0,8}\text{Ce}_{0,2-x}\text{Sc}_x\text{O}_{3-\delta}$ ($x = 0,05; 0,1; 0,15$ і $0,2$).

КАТАЛІТИЧНІ ТА РЕСУРСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТІВ – ПРОТОТИПІВ АНОДІВ КПК В ПРОЦЕСАХ ОКИСНЮВАЛЬНОГО РИФОРМІНГУ C₁-C₄ АЛКАНІВ

Канцерова М.Р., Губарені Є.В., Чедрик В.І., Орлик С.М.
Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України,
mkantserova@ukr.net

Підвищення стабільності та ресурсу роботи цирконій керамічних паливних комірок (КПК) вуглеводневого палива (метан, пропан-бутан) може бути досягнуто використанням анодних матеріалів з високою каталітичною активністю, стабільністю роботи, стійкістю до завуглецювання та дії сполук сірки в процесах окиснювального риформінгу C₁-C₄ алканів, які моделюють їх електро-каталітичне окиснення в анодному просторі комірки [1]. Для підвищення ККД паливної комірки ефективним є застосування зовнішнього паливного процесора, в якому природний газ підігрівається до робочої температури (700°C) продуктами електро-каталітичного окиснення (H₂O, CO₂) та реалізується окси-вуглекислотно-паровий риформінг метану (три-риформінг метану, ТРМ) з утворенням синтез-газу (H₂+CO), що також є паливом для КПК [2].

В роботі досліджено вплив складу Ni-вмісних композитів на основі стабілізованого скандієм та церієм діоксиду цирконію (10Sc1CeSZ) та нікель-алюмооксидних каталізаторів на кордієритових блоках стільникової структури на їх ресурсні характеристики (стабільність роботи, стійкість до завуглецювання та дії сполук сірки, здатність до регенерації) у процесах окислювального риформінгу C₁-C₄ алканів (три-риформінг метану, паровий та паро-кисневий риформінг C₂-C₄-алканів).

З використанням методу термопрограмованого окиснення (ТПО) встановлено, що введення оксидів рідкісноземельних елементів (Ce, La) до складу Ni,Cu-10Sc1CeSZ та Ni-Al₂O₃/кордієрит каталізаторів суттєво підвищує їх стійкість до завуглецювання (Рис.1) та забезпечує стабільну роботу (35 год в повторних циклах роботи).

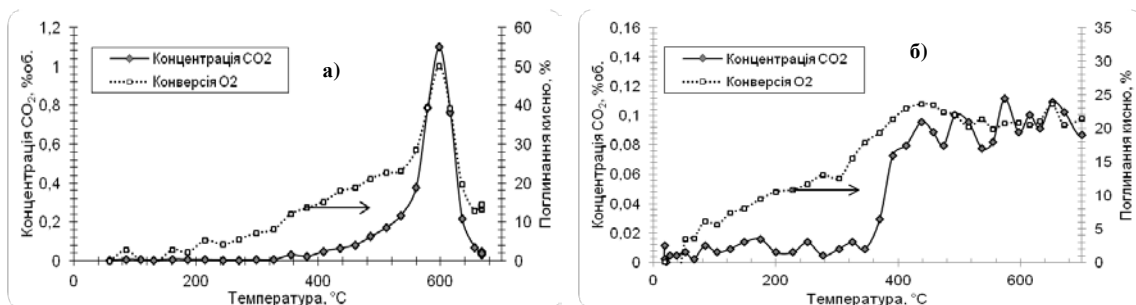


Рис. 1. Результати ТПО киснем структурованих каталізаторів (після каталізу парового риформінгу етану): а) Ni-Al₂O₃, б) Ni-Al₂O₃-CeO₂.

Допування Ni-10Sc1CeSZ композитів добавками платини та паладію (0,1% мас.) підвищує їх стійкість до дезактивуючого впливу H₂S (3500 ppm) в процесі ТРМ.

Визначено режим регенерації каталізаторів, який забезпечує відновлення початкової активності, зокрема Pd-Ni-10Sc1CeSZ композиту, в результаті ефективного видалення поверхневих сірковмісних сполук, що блокують активні центри каталізатора.

Модифікування нікель-алюмооксидних каталізаторів добавками оксидів La та Ce підвищує їх стійкість до дії сірковмісних сполук (H₂S, SO₂) та скорочує процедуру регенерації.

1. Hua Bin, Ning Yan, Meng Li et al. // J. Mater. Chem. A. 4 (2016) 9080–9087.
2. M. Powell, K. Meinhardt, V. Sprenkle et al. // J. Power Sources. 205 (2012) 377– 384.

РОЗРОБКА НЕОБХІДНИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ТА КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ВОДНЕВИХ-ПОВІТРЯНИХ ПАЛИВНИХ БАТАРЕЙ

**Пірський Ю.К., Омельчук А.О., Стезерянський Е.А., Панчишин Т.М.,
Тупчієнко О.С., Крупеннікова О.С.**

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАН України
проспект Академіка Палладіна, 32/34, Київ, 03680, Україна, pirsky@ionc.kiev.ua

В даний час інтерес до низькотемпературних воднево-кисневих паливних комірок, з полімерною протон-провідною мембраною, і батареями на їх основі, зростає в усьому світі. Провідні світові наукові центри та транснаціональні компанії, такі як Ford, General Electric, Національна лабораторія в Los Alamos (США), Центр ядерних досліджень (Франція) займаються дослідженнями у цій сфері. Такі батареї можуть з успіхом працювати в системах резервних джерел живлення як невеликої потужності від декількох Вт так і до великих потужностей десятки кВт. Використання їх можливе досить широко, як в побуті, промисловості, так і в пристроях спеціального призначення. Тому задача створення батарей паливних комірок з ефективними технологіями для широкого виробництва є актуальною.

Метою даного етапу роботи полягало в розробці доступних комплектуючих для створення воднево-повітряних батарей малої та середньої потужності.

Розроблена нами батарея паливних комірок (ПК) складається з пакета (стека), складених послідовно мембранно-електродних блоків (МЕБ) і біполярних пластин (БП), затиснутих між силовими пластинами, разом з герметичними прокладками та струмознімальними елементами. На кінцях батареї розташовані не біполярні, а кінцеві пластини, що мають систему газових каналів тільки з одного боку (інша сторона контактує з струмознімальними силовими пластинами).

При переході від одиничних МЕБ до стека батареї треба було вирішити численні технологічні проблеми: забезпечити щільну упаковку окремих паливних комірок (МЕБ з біполярними пластинами) в стек, мінімізувати транспортні втрати в каналах подачі повітря та палива, мінімізувати омичні втрати в струмознімачах, усунути витік палива, забезпечити сумісність матеріалів і зручність складання. Також було реалізовано однорідне відведення тепла від кожного МЕБ і однакове підведення газів до МЕБ кожного стека. Це досягається виконанням структури каналів для подачі газу в біполярних пластинах, що розмежовують окремі МЕБ в стеці, однак правильна реалізація геометрії каналів є нетривіальним завданням.

Розроблено та виготовлено компоненти для батарей паливних комірок з протон-провідною мембраною на 5 Вт, 10 Вт, 100Вт і 200Вт.

Характеристики розробленої батареї: кількість комірок – 9; потужність – 5 Вт; робочі характеристики – 5В/1А (рис. 1); активні реактанти – H_2 і O_2 повітря; робоча температура від 5 до 30°C; максимальна температура – 55°C; потік водню 90 мл/хв; початок роботи - менше 30 с; чистота водню – 99,995% H_2 . Електрокаталізатори: на катоді {Pt(20%)/XC72} (Pt = 0,5 мг/см²); на аноді {Pt(20%)/XC72} (Pt = 2,0 мг/см²).

Одержані електрохімічні дані показали перспективність продовження робіт з низькотемпературними батареями воднево-повітряних паливних комірок для покращення їх енергетичних характеристик та розробки на їх основі діючих зразків.

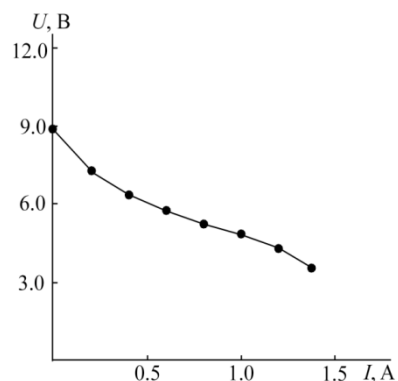


Рис.1 Вольт-амперна характеристика воднево-повітряної батареї паливних комірок потужністю 5 Вт.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОСТРУКТУРОВАНИХ Co-N-C ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ В ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ

Курись Я.І., Уставицька О.О., Мазур Д.О., Кошечко В.Г., Походенко В.Д.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України
03028, Київ-28, пр. Науки 31, e-mail: kurys@inphyschem-nas.kiev.ua

З використанням електрохімічних методів визначено механізм перебігу реакції відновлення кисню (РВК) у кислому електроліті на електродах, модифікованих рядом Co-N-C електрокатализаторів, що одержані в ході виконання проекту. Встановлено, що за таких умов переважно має місце двохелектронне відновлення кисню з утворенням перекису водню, який надалі може бути відновлений до води. Варіювання природи компонент композиту та співвідношень між ними практично не впливає на характер залежності граничних дифузійних струмів від швидкості обертання дискового електроду, що свідчить про схожий механізм перебігу РВК на всіх отриманих нами електрокатализаторах.

Було виявлено, що розроблені в ході виконання проекту Co-N-C електрокатализатори мають біфункціональну природу, проявляючи активність не тільки у РВК, але й у важливому процесі електрохімічного виділення водню з води. Зокрема, у 0,05 М H_2SO_4 карбонізований Co-N-C наноккомпозит на основі полі-5-аміноіндолу (ПАІн) та багатошарового графену (БШГ) як електрокатализатор РВК характеризується значеннями, відповідно, потенціалів появи каталітичних струмів (E_{onset}) та їх максимумів (E_{max}) ~ 790 та ~ 710 мВ (відн. RHE), а як електрокатализатор процесу виділення водню – перенапругою 170 мВ при 1 mA/cm^2 та тафелевським нахилом у 94 мВ на порядок.

Карбонізацією полі-2,6-діамінопіридину (ПДАП) разом з $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ та БШГ, а ПАІн з $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ та БШГ, модифікованим атомами азоту (N-БШГ) одержані нові гібридні Co-N-C електрокатализатори РВК для низькотемпературних паливних комірок. Встановлено, що застосування БШГ при формуванні електрокатализатору на основі ПДАП забезпечує кращі функціональні характеристики у РВК в кислому електроліті ($E_{\text{onset}} \sim 800$ мВ, $E_{\text{max}} \sim 725$ мВ, відн. RHE), порівняно з аналогом на основі ацетиленової сажі та, особливо, оксиду графену (ОГ), в той час, як активність електрокатализатору на основі N-БШГ та ПАІн є порівняною з таким, де в якості вуглецевого компоненту використовувався немодифікований БШГ. За допомогою методу хроноамперометрії показано, що одержані гібридні електрокатализатори визначаються достатньо високою стабільністю в процесі функціонування.

Запропоновано підхід для отримання наноструктурованого пористого Co-N-C-електрокатализатору РВК, який полягає в високотемпературній обробці в інертній атмосфері суміші м-фенілендіаміну, окислювача (персульфата амонію), $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ та ОГ (одержаного за модифікованим методом Хамерса) в присутності мезопористої ячеїстої піни (MCF) в якості «жорсткого» темплату, з подальшим видаленням матриці – MCF – з карбонізованого наноккомпозиту шляхом лужної обробки. Виявлено, що електрокатализатори Co-N-C, отримані як з MCF, так і без неї, мають досить високу активність у РВК в кислих і лужних електролітах та характеризуються близькими значеннями E_{onset} та E_{max} . Однак, гібридний електрокатализатор, що отриманий шляхом матричної карбонізації забезпечує більшу ефективність в зазначеному електрохімічному процесі (більш високі струми у РВК), що може бути пов'язано з більшою площею поверхні такого матеріалу. Реалізовано спосіб одержання 3D Co-N-C-електрокатализатору РВК, що базується на формуванні композиційного гідрогелю полі-м-фенілендіаміну з ОГ та сіллю Co (II), переводом його до аерогелю шляхом ліофільної сушки та карбонізацією останнього в інертній атмосфері.

ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ВПЛИВУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ КЕРАМІЧНИХ ПАЛИВНИХ КОМПРОК ТА РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ЇХ ПІДВИЩЕННЯ

Осташ О.П.⁽¹⁾, Василів Б.Д.⁽¹⁾, Подгурська В.Я.⁽¹⁾, Прихна Т.О.⁽²⁾,
Свердун В.Б.⁽²⁾, Васильєв О.Д.⁽³⁾, Бродніковський Є.М.⁽³⁾, Полішко І.О.⁽³⁾

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,
79060, м. Львів, вул. Наукова, 5, fmidep17@gmail.com

⁽²⁾ Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2, prikhna@ukr.net

⁽³⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
03680, м. Київ, вул. Кржижанівського, 3, oleksa.vasylyev@gmail.com

Вивчено механічну поведінку кераміки системи 8YSZ-NiO за вмісту 50 мас.% оксиду нікелю і поруватого композита на основі МАХ-фази Ti_2AlC як матеріалів для виготовлення анодів-підкладок, а також щільних композитів на основі МАХ-фаз титану структурних модифікацій 312 і 211 для з'єднувальних елементів керамічних паливних комірок (КПК) за впливу високотемпературних відновлювального (з урахуванням вмісту водяної пари) та окиснювального робочих середовищ.

За відсутності водяної пари в суміші Ar-5 об.% H_2 після однократного відновлення і особливо redox-обробки внаслідок трансформації структури зростає міцність вихідної кераміки 8YSZ-NiO на 13%, що свідчить про позитивний вплив запропонованої технології redox-циклування. Невелика кількість водяної пари в суміші (тиск водяної пари 0,03 МПа) починає негативно впливати на подальше відновлення нікелевої фази в керметі YSZ-Ni, призводить до деяких змін у його структурі, зокрема, зростання нанопор у частинках Ni. Результиуюча міцність кермету YSZ-Ni зменшується на 15-18% порівняно з матеріалом, відновленим у атмосфері без водяної пари однократно чи redox-циклуванням. Вища концентрація водяної пари в суміші (тиск водяної пари 0,148 МПа) ще більше гальмує процес відновлення. Вона викликає повторне окиснення нікелевої фази в керметі YSZ-Ni при 600°C, особливо матеріалу, обробленого redox-циклуванням. Тут нанопори переходять в мікропори та появляються міжфазні мікротріщини. Це обумовлює зменшення міцності попередньо однократно відновленого кермету на 23%, а попередньо redox-обробленого – на 35%. Таким чином, наявність водяної пари на межі електроліт-анод КПК спричиняє її експлуатаційну деградацію, тим більше, що вища концентрація водяної пари.

Задовільна міцність поруватого матеріалу на основі МАХ-фази Ti_2AlC (125 МПа) як у вихідному стані, так і після витримки у водні під тиском 0,15 МПа, а також подібні мікроособливості зламів свідчать про його тривкість у відновлювальному технологічному середовищі КПК. Для вихідного матеріалу і витриманого у водні зафіксовано задовільну електропровідність. Відновлювально-окиснювальне циклування (5 циклів) також не призводить до помітної деградації структури і механічних властивостей матеріалу, однак зумовлює формування поверхневого непровідного (електропровідність матеріалу знижується у 100–1000 разів) шару, який не зникає під час витримки у водні.

Досліджено механічну поведінку ряду композитів на основі МАХ-фаз титану як матеріалів з'єднувальних елементів КПК при температурах 20...600°C у повітрі і водні. Встановлено, що найкращим є матеріал наступного фазового складу: 73 мас.% Ti_2AlC , 20% Ti_3Al і 7% TiO . Він продемонстрував міцність 570–580 МПа в інтервалі температур 20...600°C у повітрі, 580–585 МПа у водні при 600°C і найвищу жаростійкість. Композити на основі МАХ-фази Ti_3AlC_2 або суміші фаз Ti_3AlC_2 (40–83%) і Ti_2AlC (17–60%) мають нижчі характеристики, зокрема міцність у повітрі при 20°C менша в 1,3 рази, при 600°C – у 1,6 рази, а у водні при 600°C – у 1,7 рази. При цьому вони мають вкрай незадовільну жаростійкість. Таким чином, оптимальними для з'єднувальних елементів КПК є композити на основі МАХ-фаз титану модифікації 211.

СИНТЕЗ ОЛІГОМЕРНИХ ДОНОРІВ АНІОНІВ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ НА ЇХ ОСНОВІ НАНОКОМПОЗИТНИХ ОРГАНІЧНИХ І ОРГАНО- НЕОРГАНІЧНИХ АНІОНООБМІННИХ МЕМБРАН

**Шевченко В.В., Клименко Н.С., Гуменна М.А., Стрюцький О.В., Лобко Є.В.,
Клепко В.В.**

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України
02160, Київ, Харківське шосе, 48, e-mail: valpshevchenko@gmail.com

Паливні комірки, в яких твердими електролітами є полімерні йонопровідні (протон- та гідроксидион) мембрани, привертають значний інтерес як ефективні альтернативні екологічнобезпечні джерела електроенергії. При цьому останніми роками особлива увага приділяється використанню як полімерних електролітів аніонообмінних мембран (АОМ), в яких відбувається обмін гідроксид-йонів. Функціонування даних мембран в лужному середовищі має ряд переваг, серед яких можливість застосування більш дешевих каталізаторів (Ag, Ni) за температур до 80°C.

В даній роботі для отримання АОМ як донори аніонів використані реакційноздатні гідроксилвмісні олігомери і полімери, які поєднують в одній молекулі йонні групи та олігоетерну фазу. Синтез даних сполук включав кілька стадій: отримання реакційноздатних олігомерів з кінцевими атомами хлору, отримання олігомерів з кінцевими третинними атомами азоту, синтез на їх основі олігомерних та полімерних допантів з четвертинними амонієвими катіонами та хлорид-аніонами, які замінювали на гідроксид-аніони.

Для реалізації даного підходу було синтезовано два типи олігомерів різної ММ і будови з кінцевими атомами хлору. Олігомер з коротким олігоетерним блоком та гідроксильними групами у своєму складі синтезували реакцією між дигліцидиловим етером діетиленгліколю та моноетаноламіном з наступною обробкою отриманого продукту епіхлоргідринном. Довголанцюговий олігоетер отримували реакцією дигліцидилового етеру олігооксиетиленгліколю ММ 1000 та хлоридної кислоти.

Запропоновано метод синтезу вихідних олігомерів з кінцевими третинними аміногрупами уретанової та неуретанової природи. Олігомер неуретанової природи отримували реакцією дигліцидилового етеру олігооксиетиленгліколю ММ 1000 з діетиламіном, тоді як олігомер уретанової природи синтезували взаємодією гексаметилендіізоціанату та N,N-диметиламіноетанолу

Гідроксилвмісний олігомерний донор аніонів лінійної будови отримували реакцією довголанцюгового олігоетеру, що містить кінцеві атоми хлору, з триетиламіном. Полімерні донори аніонів отримували реакціями кватернізації між довголанцюговим олігоетером з кінцевими атомами хлору та безуретановим олігомером з кінцевими третинними аміногрупами, а також між хлорвмісним коротколанцюговим олігомером та уретановим олігомером з кінцевими третинними аміногрупами з наступним йонним обміном хлорид-аніонів на гідроксид-аніони.

Отримані олігомерний та полімерний неуретановий донори аніонів використано як допанти в золь-гель синтезі АОМ, який здійснювали в суміші з α,ω -діалкоксисилільним олігооксиетиленуретансечовинним прекурсором та фенілтриетоксисиланом при різних співвідношеннях

Іншим способом отримання АОМ було формування сітчастого полімеру реакцією між полімерним донором аніонів уретанового типу, що містить первинні гідроксильні групи, та гексаметилендіізоціанатом.

Згідно даних ТГА, температура початку термоокиснювальної деструкції синтезованих допантів та мембран на їх основі знаходиться від 170 до 250 °C. Значення їх йонної провідності встановлені методом ДРС за повної гідратації мембран досягають $4,4 \cdot 10^{-3}$ См/см при 20 °C .

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УЧАСТІ В КОНКУРСАХ СПІЛЬНОЇ ІНІЦІАТИВИ "ПАЛИВНІ КОМІРКИ ТА ВОДЕНЬ" ТА ПРОГРАМИ "ГОРИЗОНТ 2020" 2018-2020РР

Білан І.І., Левіна Д.А., Гудименко Т.В.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України,
вул. Кржижанівського 3, Київ, 03142 Україна, **E-mail:** belanira2014@gmail.com

Приведено результати аналізу та таблиці відповідності основних тематик та результатів виконання профінансованих проектів спільної ініціативи "Паливні комірки та водень" (Joint Undertaking "Fuel Cells and Hydrogen") та програми "Горизонт 2020", які стосуються відновлювано-водневої енергетики та паливних комірок, та проектів програми «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій». Приведено механізм використання конкурсів, які не обмежені конкретною тематикою (конкурси за програмою Марії Складовської Кюрі, конкурси співробітництва з країнами східного партнерства, конкурси за програмою SPIRE, twinning та teaming) Підготовлено та подано проект за конкурсом WIDESPREAD-05-2017 спільно з партнерами з Великобританії, Німеччини і Люксембурга.

Проведено аналіз нових конкурсів програми «Горизонт 2020» на 2018-2020 рр та відповідних розділів робочих програм, які стосуються відновлювано-водневої енергетики та паливних комірок за пріоритетними напрямками «Безпечна, чиста і ефективна енергетика», «Нанотехнології, передові матеріали і сучасні технології їх виробництва та обробки», «Смарт, зелений і інтегрований транспорт», «Кліматичні зміни, ефективність використання ресурсів і сировини». (робочі програми, відкриті та майбутні конкурси та інш.). Підготовлено пакет пропозиції за результатами виконання проектів програми «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій», які можуть бути представленими на європейських інфоднях з метою створення консорціумів та подачі відповідних заявок на участь у конкурсах 2018 р.

Підготовлено графік інфоднів та брокерадж заходів та створено форми представлення інформації за результатами виконання проектів програми «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій».

З метою можливості представлення результатів виконання проектів програми в мережі Інтернет та найбільш широкого їх розповсюдження проведено оновлення інформації на сайті «Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій» на домені ipms.kiev.ua. Головна сторінка сайту містить посилання не тільки на матеріали результатів виконання проектів програми, але й на робочі програми відповідних тематичних пріоритетів програми "Горизонт 2020" та спільної ініціативи «Паливні комірки та водень», на сторінки відповідних поточних міжнародних профінансованих проектів. Проведено збір матеріалів за результатами виконання проектів програми за трьома розділами та проведено їх розміщення на сайті програми.

Продовжено поповнення повнотекстової частини традиційно популярних журналів (International journal of Hydrogen energy, Journal of Alloys and compounds and etc.). Додані нові тематичні журнали (Fuel Cells Bulletin, Journal of Power Sources and etc.) з відносно високим індексом цитування. Організовано звітну наукову сесію за результатами виконання проектів програми, проведено верстання та друкування тез.

Авторський показчик

Бездорожев О. В.	31	Каменських Д.С.	14
Березовець В.В.	26	Канцєрова М.Р.	32
Бєлікова О.Ю.	12	Карпенко О.С.	21
Білан І.І.	38	Картель М.Т.	21
Білоус А.Г.	30	Клепко В.В.	36
Бондаренко Б.І.	22	Клименко Н.С.	36
Бричевський М.М.	29	Коваленко Л.Л.	30
Бродніковський Д.М.	29	Коваль О.Ю.	29
Бродніковський Є. М.	29,30,35	Козін Л.Х.	13
В'юнов О.І.	30	Колбасов Г.Я.	17
Вавриш А.С.	22	Копилова Л.І.	23
Вакілов І.М.	19	Корж Р.В.	14
Василів Б.Д.	35	Котко А.В.	29
Васильєв О.Д.	29,35	Кошечко В.Г.	34
Ващенко В.М.	28	Криницький А.В.	37
Вєрбовський О.В.	19	Крупеннікова О.С.	33
Гаврилук О.А.	12	Кудря С.О.	11
Галій О.З	37	Кузнєцов М.П.	11
Гетьман О. І.	31	Курись Я.І.	34
Говоруха В.М.	12	Куций А.В.	13
Головкова М.Є.	29	Кучмій С.Я.	18
Грайворонська К.А.	37	Лахник А.М.	27
Губарені Е.В.	32	Лєвіна Д.А.	38
Гудименко Т.В.	38	Лисуненко Н.О.	29
Гуменна М.Я.	36	Лобанов В.В.	21
Даниленко М.І.	29	Лобко Е.В.	36
Данилов М.О.	17	Мазур Д.О.	34
Данильцев Б.І.	13	Манілевич Ф.Д.	13
Демяненко Е.Н.	21	Марчук Ю.В.	22
Денис Р.В.	26	Матисина З.А.	23
Дєхтяренко В.А.	27	Мацевитий Ю.М.	24
Долгіх Л.Ю.	16	Морозов І. А.	31
Дудник О.М.	15	Морозов Ю.П.	11
Євдокименко В.О.	14	Назаренко В.Г.	19
Єршова О.Г.	25	Омельчук А.О.	33
Жовтянський В.А.	19	Орлик С.М.	32
Завалій І.Ю.	26	Осташ О.П.	35
Зіпунніков М.М.	20	Панчишин Т.М.	33
Золотаренко Ан.Д.	23	Патлун Д. В.	37
Золотаренко О.Д.	23	Петров.С.В.	19
Золотаренко Ол.Д.	23	Пірський Ю.К.	13,33
Іванченко С.Е.	29	Подгурська В.Я.	35

Полішко І.О.	29,35	Стрижак П.Є.	16
Походенко В.Д.	34	Строюк О.Л.	18
Праженнік Ю.Г.	22	Стрюцький О.В.	36
Пріхна Т.О.	35	Таширев Г.О.	12
Прядко Т.В.	27	Таширев О.Б.	12
Пятницький Ю.І.	16	Ткаченко Т.В.	14
Рагуля А.В.	29	Трепядько Д.О.	14
Рудь О.Д.	27	Тупчієнко О.С.	33
Русецький І.А.	17	Уставицька О.О.	34
Рябов О.Б.	26	Фоманюк С.С.	17
Саввакін Д.Г.	27	Чедрик В.І.	32
Савицький М.М.	28	Чорна Н.А.	24
Савицький О.М.	28	Шапошнікова Т.І.	23
Самелюк А.В.	29	Швалагін В.В.	18
Свердун В.Б.	35	Шевченко А.А.	20
Слободянюк І.О.	17	Шевченко В.В.	36
Соколовська І.С.	15	Шкрабалюк Ю.М.	28
Соловей В.В.	20	Шматов Я.Ю.	29
Соловей В.В.	24	Щербакова Л.Г.	17,37
Солонін Ю.М.	17,25,37	Щур Д.В.	23
Стара Л.О.	16	Якимович М.В.	19
Стезерянський Е.А.	33	Янчевський О.З.	30
Столярчук І.Л.	16	Ястремська Л.С.	12

ЗМІСТ

Програма **3-8**

Тези за проектами

I. Отримання водню

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ, СОНЦЯ ТА ТЕРМАЛЬНИХ ВОД, ЯКІ МІСТЯТЬ СУПУТНИЙ ГАЗ **11**
Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П.
Інститут відновлюваної енергетики НАНУ країни

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ДЕСТРУКЦІЇ ТВЕРДИХ ЧАСТОК ВІДХОДІВ ТА УТВОРЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ ЗА РАХУНОК ЗМІНИ СПІВВІДНОШЕННЯ ОБ'ЄМІВ ТВЕРДОЇ ТА РІДКОЇ ФАЗ У ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ФЕРМЕНТЕРІ **12**
Таширев О.Б.⁽¹⁾, Говоруха В.М.⁽¹⁾, Таширева Г.О.⁽¹⁾, Гаврилюк О.А.⁽²⁾, Белікова О.Ю.⁽²⁾, Ястремська Л.С.⁽²⁾
⁽¹⁾Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,
⁽²⁾ Національний авіаційний університет

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕАР НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ І МАГНІЮ З ВОДОЮ В ШИРОКОМУ ІНТЕРВАЛІ ТЕМПЕРАТУР ТА ТИСКІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ ПРОДУКТІВ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ **13**
Козін Л.Х., Манілевич Ф.Д., Данильцев Б.І., Куций А.В., Пірський Ю.К.
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

РОЗРОБКА КАТОДНОГО КАТАЛІТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ РОЗЩЕПЛЕННЯМ ВОДИ У РЕВЕРСИВНІЙ ПАЛИВНІЙ КОМІРЦІ **14**
Трепьядько Д.О., Каменських Д.С., Євдокименко В.О., Ткаченко Т.В., Корж Р.В.
Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України

ГАЗИФІКАЦІЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМ ЕНЕРГОУСТАНОВОК З ГАЗИФІКАТОРОМ ШІЛЬНОГО ШАРУ **15**
Дудник О.М., Соколовська І.С.
Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ НА МЕТАЛ-ОКСИДНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ **16**

Долгіх Л.Ю., Столярчук І.Л., Стара Л.О., Пятницький Ю.І., Стрижак П.Є.
Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України

ВПЛИВ СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ ВОДНЮ **17**
Слободянюк І.О., Русецький І.А., Щербакова, Л.Г.⁽¹⁾, Колбасов Г.Я., Данилов М.О., Фоманюк С.С., Солонін Ю.М.⁽¹⁾
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,
⁽¹⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

ФОТОКАТАЛІТИЧНІ ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ШАРУВАТИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ ТА МЕТАЛХАЛЬКОГЕНІДІВ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ СВІТЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ <u>Швалагін В.В.</u>, Стрюк О.Л., Кучмій С.Я Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України	18
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ДОННИХ МУЛІВ Жовтянський В.А., Петров С.В., Вакілов І.М., Вербовський О.В., Назаренко В.Г., Якимович М.В. Інститут газу НАН України	19
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕРАТОРІВ ВОДНЮ ІЗ ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ Соловей В.В., Шевченко А.А., <u>Зіпунніков М.М.</u> Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України	20

II. Зберігання водню

ТЕОРЕТИЧНИЙ ПОШУК ОПТИМІЗОВАНИХ СТРУКТУР НАНОВУГЛЕЦЕВИХ СИСТЕМ, ЯКИМ ПРИТАМАННА ПІДВИЩЕНА АДСОРБЦІЙНА ЄМНІСТЬ ЩОДО МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ <u>Демяненко Є.М.</u>, Карпенко О.С., Лобанов В.В., Картель М.Т. Інститут хімії поверхні ім.О.О.Чуйка НАН України	21
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АКТИВАЦІЇ СОРБЕНТІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ВОДНЕЄМНОСТІ; ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНЕЄМНОСТІ АКТИВОВАНИХ ЗРАЗКІВ Вавриш А.С., <u>Бондаренко Б.І.</u>, Марчук Ю.В., Праженнік Ю.Г. Інститут газу НАН України	22
ПІДГОТОВКА СПЛАВУ ДО РОБОТИ ТА АКТИВАЦІЯ. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ НАКОПИЧУВАЧА ВОДНЮ <u>Щур Д.В.</u>, Матисіна З.А., Золотаренко О.Д., Копилова Л.І., Шапошнікова Т.І., Золотаренко А.Д., Золотаренко О.Д. Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України	23
УДОСКОНАЛЕННЯ МАСОГАБАРИТНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕТАЛОГІДРИДНИХ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ Мацевитий Ю.М., Соловей В.В., <u>Чорна Н.А.</u> Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України	24
РОЗРОБКА МН-ВОЗДУШНОГО ЕЛЕМЕНТУ ДЛЯ ОБОРОТНОЇ ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОМІРКИ Щербакова Л.Г., Патлун Д. В., Криницький А.В., Грайворонська К. А. , Галій О.З., Солонін Ю.М. Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України	37
МЕХАНОСИНТЕЗ ГІДРОУТВОРЮЮЧОГО СПЛАВУ Mg + 5 % ваг. Ti + 5 % ваг. Si + 2% ваг. Fe ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕМПЕРАТУРИ І КІНЕТИКИ РОЗКЛАДУ <u>Єршова О.Г.</u>, Солонін Ю.М. Інститут проблем матеріалознавства НАН України	25

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ МАГНІЮ: СИНТЕЗ ТА СТРУКТУРА. ВПЛИВ ФАЗОВОГО ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НА ДЕСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЦИКЛІЧНУ СТІЙКІСТЬ 26
Завалій І.Ю., Березовець В.В., Денис Р.В., Рябов О.Б.
Фізико-механічний інститут НАН України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СОРБЦІЇ-ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ І ТИСКАХ ТА ЦИКЛІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ СИНТЕЗОВАНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ КОМПОЗИТІВ 27
Рудь О.Д., Прядко Т.В., Саввакін Д.Г., Лахник А.М., Дехтяренко В.А.
Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГЕРМЕТИЧНИХ ТОНКОСТІННИХ КОРПУСІВ БАЛОНІВ І СИЛОВИХ ОБОЛОНОК 28
Савицький М.М., Савицький О.М., Вашенко В.М., Шкрабалюк Ю.М.
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

III. Палівні комірки

КЕРАМІЧНА ПАЛИВНА КОМІРКА ДЛЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ
Полішко І.О., Іванченко С.Е., Бродніковський Д.М., Лисуненко Н.О., Бродніковський Є.М., Головка М.Є., Шматов Я.Ю., Бричевський М.М., Самелюк А.В., Коваль О.Ю., Котко А.В., Даниленко М.І., Васильєв О.Д., Рагуля А.В. 29
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ БАГАТОШАРОВОЇ СИСТЕМИ, ЯКА СКЛАДАЄТЬСЯ З ЩІЛЬНОЇ ПЛІВКИ ЕЛЕКТРОЛІТУ ТА ПОРИСТОЇ ТОВСТОЇ ПЛІВКИ КАТОДНОГО МАТЕРІАЛУ 30
Коваленко Л.Л., Бродніковський⁽¹⁾ Є. М., Білоус А.Г., В'юнов О.І., Янчевський О.З.
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
⁽¹⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

СИНТЕЗ СКЛАДНИХ ОКСИДНИХ ТА МЕТАЛО-ОКСИДНИХ ВОДЕНЬПРОНИКНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ ТВЕРДООКСИДНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК 31
Морозов І. А., Бездорожев О. В., Гетьман О. І.
Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України

КАТАЛІТИЧНІ ТА РЕСУРСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТІВ – ПРОТОТИПІВ АНОДІВ КПК В ПРОЦЕСАХ ОКИСНЮВАЛЬНОГО РИФОРМІНГУ C₁-C₄ АЛКАНІВ 32
Канцерова М.Р., Губарені Є.В., Чедрик В.І., Орлик С.М.
Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

РОЗРОБКА НЕОБХІДНИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ТА КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ВОДНЕВИХ-ПОВІТРЯНИХ ПАЛИВНИХ БАТАРЕЙ 33
Пірський Ю.К., Омельчук А.О., Стезерянський Е.А., Панчишин Т.М., Тупчіснко О.С., Крупеннікова О.С.
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАН України

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОСТРУКТУРОВАНИХ Co-N-C ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗАТОРІВ В ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ	34
Курись Я.І., Уставицька О.О., Мазур Д.О., Кошечко В.Г., Походенко В.Д. Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України	
ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ВПЛИВУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА ФІЗИКО- МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ КЕРАМІЧНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК ТА РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ЇХ ПІДВИЩЕННЯ	35
Осташ О.П.⁽¹⁾, Василів Б.Д.⁽¹⁾, Подгурська В.Я.⁽¹⁾, Пріхна Т.О.⁽²⁾, Свєрдун В.Б.⁽²⁾, Васильєв О.Д.⁽³⁾, Бродніковський Є.М.⁽³⁾, Полішко І.О.⁽³⁾	
⁽¹⁾ Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, ⁽²⁾ Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, ⁽³⁾ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України	
СИНТЕЗ ОЛІГОМЕРНИХ ДОНОРІВ АНІОНІВ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ НА ЇХ ОСНОВІ НАНОКОМПОЗИТНИХ ОРГАНІЧНИХ І ОРГАНО-НЕОРГАНІЧНИХ АНІОНООБМІННИХ МЕМБРАН	36
Шевченко В.В., Клименко Н.С., Гумєнна М.А., Стрюцький О.В., Лобко Є.В., Клепко В.В.	
Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України	
ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УЧАСТІ В КОНКУРСАХ СПІЛЬНОЇ ІНІЦІАТИВИ "ПАЛИВНІ КОМІРКИ ТА ВОДЕНЬ" ТА ПРОГРАМИ "ГОРИЗОНТ 2020" 2018- 2020РР	38
Білан І.І., Левіна Д.А., Гудименко Т.В.	
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України	
Авторський показчик	39-40
Зміст	41-44

**ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА (ЦКП)
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ**

***«Фундаментальні аспекти відновлювано-
водневої енергетики і паливно-комірчаних
технологій»***

НАУКОВА ЗВІТНА СЕСІЯ

Тези доповідей, регламент та програма сесії

Редактор О.Г.Єршова
Коректор Л.О.Ковальова
Комп'ютерне верстання Т.В.Гудименко

Підп. до друку 20.11.2017. Формат 70x108/16.
Пап. офс. Друк офс.
Учб.-вид.л.13. Тираж. 40. Замовлення 420

Дільниця оперативної поліграфії
Інститут проблем матеріалознавства
ім. І.М.Францевича НАН України
03680, Київ-142, вул. Кржижановського, 3