

Реферат роботи

**«Нові поліфункціональні каталізатори процесів одержання і використання
«зеленого» водню для новітньої енергетики і сучасного хімічного
виробництва»**

Автори: к.х.н. О.О.Парійська, Д.О.Мазур

Актуальність роботи. Однією з найважливіших задач розвитку сучасної економіки України і розвинених країн світу є декарбонізація і так званий "зелений" перехід" – відмова від процесів, що підвищують викиди вуглецю в атмосферу. Ключовою речовиною в альтернативній енергетиці та багатьох процесах тонкого і багатотонажного органічного синтезу є водень. Тенденції до декарбонізації економіки та хімічного виробництва в Україні відображено в Національній урядовій програмі “Енергетична незалежність та Зелений курс”, яка, серед іншого, передбачає будівництво ~15 ГВт електролізних потужностей для виробництва водню. Крім виробництва “зеленого” палива - водню, важливе значення також має використання цієї речовини у промисловості та господарстві. Водень наразі широко використовується для одержання цінних органічних речовин в процесах гідрування, зокрема, компонентів моторних палив, розчинників, а також в тонкому органічному синтезі активних речовин для фармацевтики і агрохімії. Створення нових матеріалів для одержання водню і його ефективного використання має важливе значення для повоєнного відновлення економіки України.

Електрохімічне виділення водню є найбільш перспективним шляхом одержання “зеленого” водню високої чистоти з води. Процеси електрохімічного розкладу води потребують використання електрокаталізаторів для зниження перенапруги в цих процесах (тобто наближення потенціалу виділення водню до термодинамічно рівноважного значення, що веде до зменшення витрат енергії на виробництво 1 кубометру водню), а процеси гідрування органічних сполук потребують використання каталізаторів для зниження тиску і температури. Наразі

найкращі показники досягаються у випадку каталізаторів на основі платинових металів, але вони мають низку суттєвих недоліків – високу вартість, обумовлену обмеженістю світових ресурсів, а також токсичність, що особливо важливе при синтезі речовин для фармацевтичної промисловості, оскільки очищення речовин від залишків платинових металів до рівня, що відповідає вимогам до лікарських препаратів, є досить важкою задачею. Таким чином, актуальною задачею є пошук каталізаторів одержання водню та каталізаторів процесів хімічного виробництва за участю водню, що не містять платинових металів, розвиток фізико-хімічних засад розробки каталізаторів одержання і використання водню і визначення чинників, які впливають на ефективність таких систем.

Як перспективні електрокаталізатори процесів виділення водню з води та каталізатори органічних реакцій за участю водню розглядаються композити наночастинок перехідних металів та їх сполук (карбіди, сульфіди, нітриди тощо) з вуглецевими матеріалами, такими, як графенові, доповані гетероатомами (N, S, P та інші). Варто відзначити, що досить часто матеріал, який є ефективним каталізатором виділення водню в електрохімічному процесі, має високу каталітичну активність і в процесі гідрування або відновлення за участю водню. Крім того, деякі з досліджених композитів є одночасно ефективними електрокаталізаторами відновлення кисню, та мають перспективу використання в якості електродів паливних комірок, що працюють на водні та кисні.

На момент початку роботи, представленої на здобуття Премії Президента, роль окремих компонентів композитів вуглецевих матеріалів з наночастинками, що містять перехідні метали, або сполуками перехідних металів не була встановлена, зокрема, не була з'ясована роль вуглецевої складової композитів у прояві їх каталітичних властивостей.

Мета роботи полягала у встановленні впливу складу і будови композитів наночастинок перехідних металів та їх сполук (карбіди, сульфіди, нітриди тощо) з вуглецевими матеріалами (графен та оксид графену; вуглець, допований гетероатомами N, S, P та іншими) на їх електрокаталітичні властивості в процесах виділення водню та каталітичні властивості в процесах гідрування ненасичених

органічних сполук воднем, та у створенні ефективних каталізаторів одержання водню в електрохімічних процесах та гідрування на основі таких композитів для використання в сучасній техніці і промисловості.

Основні результати. Вперше виявлено можливість підвищення ефективності роботи систем системи кобальт-азот-вуглець (Co-N-C) за рахунок використання глибоких евтектичних розчинників (так званих DES) на основі 1-бутил-3-метилімідазолію хлориду ([Bmim]Cl) або тетрафторборату ([Bmim]BF₄) та гідратованого Co(NO₃)₂ або CoCl₂ у складі сполук-попередників для піролізу замість суміші солі Co(II) з іонною рідиною. Перевагами використання DES як прекурсорів є високий вміст у них кобальту та азоту, а також здатність забезпечувати рівномірний розподіл атомів Co і N в електрокаталізаторі з урахуванням структури DES. Виявлено, що отримані композити мають високу каталітичну активність не лише в процесі електрохімічного виділення водню, але і в процесі відновлення кисню, і, таким чином, можуть бути використані як катодні матеріали для електрохімічних комірок, що працюють за рахунок споживання водню та кисню. Електрокаталітична активність таких композитів в процесі відновлення кисню у лужному електроліті майже не поступаються каталізатору Pt/C. Крім того, розроблені Co-N-C системи характеризуються високою довготривалою електрохімічною стабільністю.

Показано можливість використання полі-5-аміноіндолу разом з оксидом графену, багат шаровим графеном (MLG) або допованим азотом графеном для утворення композитів, які мають високу електрокаталітичну активність в реакції виділення водню з води та відновлення кисню. Використання 5-аміноіндолу з персульфатом амонію замість попередньо підготовленого полімеру дозволяє спростити синтез Co-N-C електрокаталізаторів. Встановлено, що тип графеноподібного прекурсора впливає на склад каталізаторів і співвідношення активних центрів, що призводить до відмінностей у їхній каталітичній дії в процесах виділення водню та відновлення кисню. Результати проведених досліджень дозволили зробити висновок, що одні й ті ж активні центри одержаних каталізаторів беруть участь як у виділенні водню, так і в відновленні

кисню. Заміна ацетиленової сажі на оксид графену в процесі утворення таких композитів веде до збільшення електрохімічно активної поверхні каталізатора і, як наслідок, покращення його струмових характеристик.

Встановлено, що Co–N–C матеріали, утворені при піролізі сполук кобальту і полі-5-аміноіндолу, можуть виступати каталізаторами гідрування хіноліну та його монометилпохідних, забезпечуючи утворення 1,2,3,4-тетрагідрохінолінів з виходами 75-99 %. Висока ефективність таких систем зумовлена насамперед наявністю в їх складі центрів Co-N_x, аналогічних тим, що обумовлюють електрокаталітичну активність таких композитів.

Показано здатність деяких азотвмісних супряжених полімерів (полі-о-фенілендіаміну, полі-5-аміноіндолу, полі-8-амінохіноліну) каталізувати електрохімічне виділення водню з водних кислих електролітів. Модифікування склографітового електрода плівками полі-8-амінохіноліну, полі-о-фенілендіаміну та, особливо, полі-5-аміноіндолу веде не тільки до зменшення перенапруги виділення водню, але й до зменшення величини тафелєвського нахилу та збільшення коефіцієнту переносу (основних критерієв визначення каталітичної активності електрокаталізаторів реакції виділення водню), що є ознакою прояву такими полімерами активності у реакції виділення водню і відкриває значні перспективи у використанні таких азотвмісних супряжених полімерів як компонентів нанокompозитних електрокаталізаторів зазначеного процесу.

Шляхом високотемпературної обробки гібридного композиту-попередника на основі полі-5-аміноіндолу, 12-фосформолібденової кислоти та відновленого оксиду графену (rGO) отримано карбонізований нанокompозит, що складається з допованого атомами азоту і фосфору відновленого оксиду графену та наночастинок Mo₂C і Mo₂N. Встановлено, що такий композит може діяти як ефективний електрокаталізатор процесу виділення водню з води як з кислих, так і з лужних електролітів, та може бути використаний в електролізерах різного типу. Висока активність композиту на основі наночастинок Mo₂C і Mo₂N в 0,5 М H₂SO₄ ($\eta_{10} \sim 195$ мВ; $b \sim 60$ мВ/порядок) і 1,0 М NaOH ($\eta_{10} \sim 119$ мВ; $b \sim 57$ мВ/порядок) може бути пов'язана з спільним каталітичним впливом різних активних центрів у

композиті (Mo_2C , Mo_2N , C/N_x , C/P_x і ін.), які утворюються при його отриманні шляхом піролізу. Показана висока стабільність одержаного електрокаталізатору при тривалому функціонуванні в процесі виділення водню. Встановлено, що електрокаталізатори, отримані в аналогічних умовах, але з використанням попередника на основі 12-кремніймолібденової кислоти, або без оксиду графену, мають значно меншу активність в реакції виділення водню порівняно зі згаданим вище електрокаталізатором в електролітах з різним рН.

Шляхом піролізу композитів-попередників на основі поліпіролу або полі-5-аміноіндолу, ванадійзаміщеної фосформолібденової кислоти та rGO одержано нові Mo_2C -вмісні гібридні електрокаталізатори реакції виділення водню, що уявляють собою N,P-допований відновлений GO з частинками Mo_2C , допованого ванадієм (у випадку використання попередника на основі поліпіролу), або з частинками Mo_2C і Mo_2N допованих ванадієм (у випадку використання полі-5-аміноіндолу). Встановлено, що допування атомами ванадію *in situ* сприяє зростанню електрокаталітичної активності одержаних композитів в процесі виділення водню з води, порівняно з аналогом, одержаним з використанням незаміщеної фосформолібденової кислоти, що проявляється у значному зменшенні перенапруги виділення водню, як в кислому, так і лужному електролітах, а також у анодному зміщенні потенціалу початку процесу.

Шляхом піролізу комплексів $\text{Co}(\text{II})$ з азотвмісними органічними лігандами, нанесених на аеросил (дисперсний SiO_2) одержано композити, які містили наночастинки металічного кобальту та графеноподібну вуглецеву складову. За даними рентгенфотоелектронної спектроскопії композити також містили Co-N-C центри, які також можуть давати внесок в прояв каталітичної активності. Одержані композити виявили високу ефективність в процесі гідрування хіноліну і його похідних, та знайдено умови для одержання 1,2,3,4-тетрагідрохіноліну і заміщених похідних з майже кількісними виходами. Розроблено методики для препаративного одержання відповідних продуктів гідрування в мультиграмових кількостях.

Піролізом комплексів кобальту з імідазолом або тіосемікарбазоном фуранкарбальдегіду одержано композити, які виявили високу продуктивність в процесах каталітичного амінування ароматичних альдегідів амінами в присутності водню, а також гідрування хіноліну.

Розроблено серію нікельвмісних композитів, які містять наночастинки нікелю на пористих носіях різної природи. Такі наночастинки нікелю одержано шляхом піролізу комплексів нікелю, нанесених на аеросил (в цьому випадку одночасно формується графеноподібний вуглецевий матеріал), або при розкладі комплексу нікелю(0) у присутності пористого активованого вугілля. Одержані композити є ефективними каталізаторами гідрування фурфуролу до фурфурилового спирту, що може знайти використання для одержання цінних органічних речовин (зокрема, компонентів моторних палив, розчинників тощо) з відновлювальної сировини. Показано, що одержані композити також можуть бути використані як каталізатори гідрування широкого ряду органічних сполук (алкени, алкіні, карбонільні сполуки, нітросполуки, гетероцикли) воднем, і можуть знайти використання в тонкому і великотонажному органічному синтезі.

В роботі одержано результати світового рівня, що підтверджується репутацією наукових журналів, в яких опубліковано статті авторів.

Новизна роботи. Вперше показано можливість композитів, які містять Co-N-C центри поряд з наночастинками сульфідів кобальту, виступати як електрокаталізатори реакцій виділення водню, відновлення кисню, та як каталізатори гідрування гетероциклічних сполук, та на основі аналізу експериментальних показано, що одні і ті ж центри можуть бути активними в цих різних процесах за участю водню. Вперше показано, що використання глибоких евтектичних розчинників замість іонних рідин як попередників для одержання Co-N-C композитів веде до суттєвого підвищення електрокаталітичної ефективності одержаних систем. Вперше встановлено, що допування ванадієм композитів на основі карбідів молібдену і відновленого оксиду графену сприяє зростанню їх електрокаталітичної активності в процесах виділення водню. На основі аналізу експериментальних даних висунуто припущення про те, що в

деяких випадках вуглецевий матеріал, який утворюється при піролізі комплексів кобальту з органічними лігандами, може виступати як захисна плівка, що запобігає окисненню наночастинок кобальту на повітрі, і сприяти їх високій каталітичній активності в процесах гідрування органічних сполук.

Практичне значення роботи. В роботі розроблено низку композитів металвмісних наночастинок з вуглецевими матеріалами, які мають високу електрокаталітичну активність в процесах виділення водню, відновлення кисню, та можуть знайти використання як електродні матеріали для електролізерів для одержання водню, а також для паливних комірок, що виробляють електроенергію за рахунок споживання водню та кисню. Використання таких електродних матеріалів зменшить витрати енергії як у виділенні водню, так і в паливних комірках за рахунок зменшення перенапруги електрохімічних реакцій (наближення потенціалу до термодинамічно рівноважного).

Композити, розроблені в роботі, також можуть знайти використання для каталітичного гідрування органічних сполук (зокрема, гетероциклів) в лабораторних і промислових масштабах на заміну системам на основі платинових металів, що має важливе значення для зменшення залежності вітчизняного хімічного виробництва від дорогих каталізаторів.

До переваг розроблених композитів, крім високої електрокаталітичної та каталітичної активності, слід віднести відсутність платинових металів в їх складі, простоту одержання, можливість синтезу великих партій матеріалів.

Крім того, в роботі розроблено ряд оригінальних електрохімічних методик одержання нових вуглецевих матеріалів, які можуть бути використані в медицині (для транспорту лікарських засобів в клітини або детоксикації).

Кількість публікацій, які увійшли до роботи: До представленої роботи включено 45 наукових публікацій, в т.ч. 15 наукових статей (13 – у англійськомовних журналах, що входять до наукометричних баз Web of Science та Scopus). Ці праці отримали визнання міжнародної і вітчизняної наукової спільноти та цитуються в науковій літературі. Результати, наведені в роботі, було представлено на ряді наукових форумів, опубліковано в тезах 25 доповідей наукових конференцій та

симпозіумів, в т.ч. 21 міжнародній конференцій. Web of Science – 42/5, Scopus – 46/5, Google Scholar – 63/6. Пріоритет і новизну розробок захищено 5 патентами України.

Наукова робота на здобуття Премії Президента України подається вперше.

Науковий співробітник Інституту фізичної хімії

ім. Л.В. Писаржевського НАН України

кандидат хімічних наук



Олена ПАРІЙСЬКА

Провідний інженер Інституту фізичної хімії

ім. Л.В. Писаржевського НАН України



Денис МАЗУР

Перелік наукових публікацій, висунутих на присудження Премії, які увійшли до роботи «Нові поліфункціональні каталізатори процесів одержання і використання «зеленого» водню для новітньої енергетики і сучасного хімічного виробництва»

№з/п	Назва публікації*	Вихідні дані/реквізити публікації	Авторський доробок (кількісний показник)
1	2	3	4
I. Монографії/ підручники/ посібники/ методики/			
1	-	-	-

№з/п	Назва	Вихідні дані/реквізити публікації	Співавтори
II. Статті в журналах, включених до категорії "А" Переліку наукових фахових видань України та у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus			
1	Carbonized Polyaniline as a Catalyst for Hydrogenation with Molecular Hydrogen of Organic Substrates with C= C Double Bond and Nitro Group	Theoretical And Experimental Chemistry Volume: 59 Pages: 193-199 Published: 2023/7	Ya I Kurys, IB Bychko, OO Pariiska , OZ Didenko, DO Mazur , PE Strizhak, VG Koshechko, VD Pokhodenko
2	Air-Stable Efficient Nickel Catalyst for Hydrogenation of Organic Compounds	Catalysts Volume: 13 Pages: 706 Published: 2023/4/6	VV Subotin, MO Ivanytsya, AV Terebilenko, PS Yaremov, OO Pariiska , YM Akimov, IE Kotenko, TM Sabov, MM Kurmach, SV Ryabukhin, DM Volochnyuk, SV Kolotilov
3	Redox Behavior of Cobalt–Phosphine Complexes vs Their Catalytic Activity in Organozinc Compound Formation: Background for Mechanistic Investigations	Inorganic Chemistry Volume: 62 Pages: 5906-5919 Published: 2023/4/5	MO Ivanytsya, OO Pariiska , AM Mishura, EB Rusanov, SV Shishkina, AO Gorlova, AS Lytvynenko, SV Ryabukhin, DM Volochnyuk, SV Kolotilov

4	Catalytic reductive amination of aromatic aldehydes on Co-containing composites	Chemistry Volume: 56 Pages: 281-293 Published: 2023/2/17	VV Subotin, VM Asaula, YL Lishchenko, MO Ivanytsya, OO Pariiska , SV Ryabukhin, DM Volochnyuk, SV Kolotilov
5	Influence of the Structure of Nanocomposites Based on Co, N, S-Doped Carbon and Co ₉ S ₈ on the Catalytic Properties in the Processes of Quinoline and Its Methyl Derivatives Hydrogenation	Theoretical And Experimental Chemistry Volume: 58 Pages: 417-426 Published: 2023/1	OO Pariiska, DO Mazur , VM Asaula, VV Buryanov, R Socha, Ya I Kurys, SV Kolotilov, VG Koshechko, VD Pokhodenko
6	Efficient Co-NC electrocatalysts for oxygen reduction derived from deep eutectic solvents	Electrochimica Acta Volume: 413 Pages: 140132 Published: 2022/5/1	OO Pariiska, DO Mazur , K Cherchenko Ya I Kurys, VG Koshechko, VD Pokhodenko
7	Influence of Vanadium Doping on the Activity of Nanocomposite Electrocatalysts Based on Molybdenum Carbide and Reduced Graphene Oxide in the Process of Hydrogen Evolution from Water	Theoretical And Experimental Chemistry Volume: 57 Pages: 421-428 Published: 2022/1	DO Mazur , Ya I Kurys, VG Koshechko, VD Pokhodenko
8	Catalytic Hydrogenation of Substituted Quinolines on Co-Graphene Composites	European Journal Of Organic Chemistry Volume: 47 Pages: 6616-6625 Published: 2021/12/21	VM Asaula, VV Buryanov, BY Solod, DM Tryus, OO Pariiska , IE Kotenko, YM Volovenko, DM Volochnyuk, SV Ryabukhin, SV Kolotilov
9	Nanocomposite based on N, P-doped reduced graphene oxide, Mo ₂ C, and Mo ₂ N as efficient electrocatalyst for hydrogen evolution in a wide pH range	ELECTROCATALYSIS Volume: 12 Pages: 469-477 Published: 2021/9	Ya I Kurys, DO Mazur , VG Koshechko, VD Pokhodenko
10	Poly-5-aminoindole and graphene-like materials derived bifunctional Co-NC electrocatalysts for oxygen reduction and hydrogen evolution	Journal Of Solid State Electrochemistry Volume: 25 Pages: 2309-2319 Published: 2021/9	OO Pariiska, DO Mazur , Ya I Kurys, R. Socha VG Koshechko, VD Pokhodenko
11	Composites based on nanodispersed nickel, graphene-like carbon, and aerosil for catalytic hydrogenation of furfural and quinoline	Theoretical And Experimental Chemistry Volume: 56 Pages: 261-267 Published: 2020/9	VM Asaula, OV Shvets, OO Pariiska , VV Bur'yanov, SV Ryabukhin, DM V olochnyuk, SV Kolotilov

1 2	Effect of the Formation Conditions on the Activity of Co-N-C Electrocatalysts Derived from Poly-m-Phenylenediamine in the Reduction of Oxygen	Theoretical And Experimental Chemistry Volume: 54 Pages: 386-394 Published: 2019/1/15	OO Pariiska, DO Mazur, Ya I Kurys, VG Koshechko, VD Pokhodenko
1 3	Electrocatalysis of Electrochemical Hydrogen Evolution from Water in Acid Media Using N-Containing Conjugated Polymers	Theoretical And Experimental Chemistry Volume: 52 Pages: 163-169 Published: 2016/7	Ya I Kurys, DO Mazur, VG Koshechko, VD Pokhodenko
III. Статті у наукових виданнях, включених до категорії "Б" Переліку наукових фахових видань України			
1	Assessment of acute neurotoxicity of nitrogen-doped multilayer graphene nanoparticles and their capability to change Cd ²⁺ /Pb ²⁺ /Hg ²⁺ -induced injury in brain cortex nerve terminals	Biotechnologia Acta Volume: 16 Pages: 45-54 Published: 2023/9/	M Dudarenko, N Krisanova, NPozdnyakova, A Pastukhov, O Pariiska, Ya Kurys, S Sotnik, SV Kolotilov, V Koshechko, T Borisova
2	Ефективний електрокаталізатор виділення водню з води на основі допованих ванадієм Mo ₂ C, Mo ₂ N та відновленого оксиду графену.	Праці Наукового Товариства Ім. Шевченка. Хімічні Науки Volume: 70 Pages: 7-15 Published: 2022	DO Mazur, Ya I Kurys, VG Koshechko, VD Pokhodenko
IV. Виключно одноосібні статті в інших (ніж зазначені у пунктах III і IV) галузевих виданнях за темою роботи			
1	-	-	-
V. Тези доповідей (одноосібні)			
1	Мазур Д.О. Електрокаталітичні властивості нанокompatитів на основі Mo ₂ C/Mo ₂ N та V-Mo ₂ C в процесі виділення водню	Тез. доп. об'єднаної наукової конференції Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України, присвяченої 95-річчю від дня заснування Інституту. – 18-20 жовтня 2022 р., Київ, Україна.	
2	Мазур Д.О. Нанокompatити на основі карбідів молібдену та вольфраму з допованим гетероатомами відновленим оксидом графену - електрокаталізатори виділення водню з води.	<i>Тези доповідей I Конференції-конкурсу молодих вчених і спеціалістів ІФХ ім. Л.В. Писаржевського НАН України.</i> (22 бер. 2019, м. Київ). Київ, 2019. С. 15-16.	

VI. Патенти України або інших країн на винахід, щодо яких претенденти є авторами/співавторами або власниками/співвласниками (з чинним за строком дії, відповідно до законодавства України)

1	Нанокompatитний каталізатор реакції кневенгеля Патент на винахід України	МПК: C07F 1/08 (2006.01), B01J 31/00, B82Y 30/00, B82B 3/00 Опубл.31.05.2023, бюл. № 22/2023 №1 127195	А.С. Литвиненко; О.О. Парійська; М.М. Курмач; С.В. Колотілов
2	Кобальт-азот-вуглецевий електрокаталізатор відновлення кисню, одержаний із використанням глибокого евтектичного розчинника Патент на винахід України	МПК: B01J 37/08 (2006.01), H01M 4/86 (2006.01), B01J 23/75 (2006.01), B01J 27/00 Опубл.12.04.2023, бюл. № 15/2023 №1 127096	Я.І. Курись; О.О. Парійська; К.О. Черченко; Д.О.Мазур; В.Г. Кошечко; В.Д. Походенко
3	Спосіб амінування ароматичних альдегідів Патент на винахід України	МПК: C08G 12/06 (2006.01), B01J 23/75 (2006.01) Опубл.15.03.2023, бюл. № 11/2023 №1 127026	В.М. Асаула; І.В. Омельян; О.О. Парійська; С.В. Рябухін; Д.М. Волочнюк; С.В. Колотілов
4	Спосіб гідрування хіноліну у присутності кобальтвмісного композита на основі вуглецевого матеріалу Патент на винахід України	МПК: C07B 31/00, B01J 27/20 (2006.01) Опубл. 20.10.2021, бюл. № 42/2021 №1 124653	В.М. Асаула; О.О. Парійська; С.В. Рябухін; Д.М. Волочнюк; С.В. Колотілов; В.Г. Кошечко; В.Д. Походенко; Я.І. Курись
5	Спосіб синтезу заміщених піридинів Патент на винахід України	МПК: C07D 211/00, C07D 211/02 (2006.01) Опубл. 09.06.2021, бюл. № 23/2021. №1 123844	С.О. Сотнік; В.М. Асаула; О.О. Парійська; С.В. Рябухін; Д.М. Волочнюк; С.В. Колотілов

к.х.н., н.с. Інституту фізичної хімії
ім. Л.В. Писаржевського НАН України



Олена ПАРІЙСЬКА

пров. інж. Інституту фізичної хімії
ім. Л.В. Писаржевського НАН України



Денис МАЗУР

Огляд цитування публікацій, які увійшли до роботи
 «Нові поліфункціональні каталізатори процесів одержання і використання
 «зеленого» водню для новітньої енергетики і сучасного хімічного виробництва»

к.х.н. Парійська Олена Олександрівна

Scopus author ID (Pariiska, Olena O.): 55505802100, h-індекс – 7

Google Academia ID (Olena Pariiska): oN_JXcUAAAAJ, h-індекс – 7

Мазур Денис Олегович

Scopus author ID (Mazur, D. O.): 56514892500, h-індекс – 5

Google Academia ID (Mazur Denys): JYpNe9QAAAAJ, h-індекс – 5

№ п.п.	Назва статті (монографії), автори, назва видання, рік, том, сторінка або DOI	Кількість посилань згідно бази даних		
		Web of Science	Scopus	Google Scholar
1.	Electrocatalysis of Electrochemical Hydrogen Evolution from Water in Acid Media Using N-Containing Conjugated Polymers YI Kurys, DO Mazur, VG Koshechko, et al. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL CHEMISTRY Volume: 52 Pages: 163-169 Published: 2016/7	5	5	8
2.	Effect of the Formation Conditions on the Activity of Co-N-C Electrocatalysts Derived from Poly-m-Phenylenediamine in the Reduction of Oxygen OO Pariiska, DO Mazur, Ya I Kurys, et al. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL CHEMISTRY Volume: 54 Pages: 386-394 Published: 2019/1/15	2	2	4
3.	Composites based on nanodispersed nickel, graphene-like carbon, and aerosil for catalytic hydrogenation of furfural and quinoline VM Asaula, OV Shvets, OO Pariiska,; et al. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL CHEMISTRY Volume: 56 Pages: 261-267 Published: 2020/9	6	7	11
4.	Poly-5-aminoindole and graphene-like materials derived bifunctional Co–NC electrocatalysts for oxygen reduction and hydrogen evolution OO Pariiska, DO Mazur, Ya I Kurys, et al. JOURNAL OF SOLID STATE ELECTROCHEMISTRY Volume: 25 Pages: 2309-2319 Published: 2021/9	4	6	5
5.	Nanocomposite based on N, P-doped reduced graphene oxide, Mo ₂ C, and Mo ₂ N as efficient electrocatalyst for hydrogen evolution in a wide pH range YI Kurys, DO Mazur, VG Koshechko, et al. ELECTROCATALYSIS Volume: 12 Pages: 469-477 Published: 2021/9	5	4	7
6.	Catalytic Hydrogenation of Substituted Quinolines on Co–Graphene Composites Asaula VM, Buryanov VV, Solod BY, et al. EUROPEAN JOURNAL OF ORGANIC CHEMISTRY Volume: 47 Pages: 6616-6625 Published: 2021/12/21	9	10	13
7.	Influence of Vanadium Doping on the Activity of Nanocomposite Electrocatalysts Based on Molybdenum Carbide	0	0	1

	and Reduced Graphene Oxide in the Process of Hydrogen Evolution from Water DO Mazur, YI Kurys, VG Koshechko, et al. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL CHEMISTRY Volume: 57 Pages: 421-428 Published: 2022/1			
8.	Efficient Co-NC electrocatalysts for oxygen reduction derived from deep eutectic solvents OO Pariiska, DO Mazur, K Cherchenko, et al. ELECTROCHIMICA ACTA Volume: 413 Pages: 140132 Published: 2022/5/1	6	6	6
9.	Ефективний електрокаталізатор виділення водню з води на основі допованих ванадієм Mo ₂ C, Mo ₂ N та відновленого оксиду графену. DO Mazur, YI Kurys, VG Koshechko, et al. ПРАЦІ НАУКОВОГО ТОВАРИСТВА ІМ. ШЕВЧЕНКА. ХІМІЧНІ НАУКИ Volume: 70 Pages: 7-15 Published: 2022	0	0	0
10.	Influence of the Structure of Nanocomposites Based on Co, N, S-Doped Carbon and Co ₉ S ₈ on the Catalytic Properties in the Processes of Quinoline and Its Methyl Derivatives Hydrogenation OO Pariiska, DO Mazur, VM Asaula, et al. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL CHEMISTRY Volume: 58 Pages: 417-426 Published: 2023/1	2	2	2
11.	Catalytic reductive amination of aromatic aldehydes on Co-containing composites VV Subotin, VM Asaula, YL Lishchenko, et al. CHEMISTRY Volume: 56 Pages: 281-293 Published: 2023/2/17	2	2	3
12.	Redox Behavior of Cobalt–Phosphine Complexes vs Their Catalytic Activity in Organozinc Compound Formation: Background for Mechanistic Investigations MO Ivanytsya, OO Pariiska, AM Mishura, et al. INORGANIC CHEMISTRY Volume: 62 Pages: 5906-5919 Published: 2023/4/5	0	0	0
13.	Air-Stable Efficient Nickel Catalyst for Hydrogenation of Organic Compounds VV Subotin, MO Ivanytsya, AV Terebilenko, et al CATALYSTS Volume: 13 Pages: 706 Published: 2023/4/6	2	2	3
14.	Carbonized Polyaniline as a Catalyst for Hydrogenation with Molecular Hydrogen of Organic Substrates with C=C Double Bond and Nitro Group YI Kurys, IB Bychko, OO Pariiska, et al THEORETICAL AND EXPERIMENTAL CHEMISTRY Volume: 59 Pages: 193-199 Published: 2023/7	0	0	0
15.	Assessment of acute neurotoxicity of nitrogen-doped multilayer graphene nanoparticles and their capability to change Cd ²⁺ /Pb ²⁺ /Hg ²⁺ -induced injury in brain cortex nerve terminals M Dudarenko, N Krisanova, N Pozdnyakova, et al BIOTECHNOLOGIA ACTA Volume: 16 Pages: 45-54 Published: 2023/9/1	0	0	0

Загальна кількість цитувань	42	46	63
h-індекс робіт	5	5	6

к.х.н., н.с. Інституту фізичної хімії
ім. Л.В. Писаржевського НАН України

пров. інж. Інституту фізичної хімії
ім. Л.В. Писаржевського НАН України



Олена ПАРІЙСЬКА



Денис МАЗУР

15.05.2024 р.