

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Львівського національного
університету імені Івана Франка

академік НАН України, д.х.н.,

професор Роман ГЛАДИШЕВСЬКИЙ

“ 26 ”

2022 р.



ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів

дисертаційної роботи доцента кафедри фізичної хімії

Державного вищого навчального закладу

«Український державний хіміко-технологічний університет»

Шмичкової Олесі Борисівни “Електрохімічне формування

композитів на основі PbO₂ та їх електрокаталітичні властивості”,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук

за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія

Призначені рішенням Вченої ради Львівського національного університету імені Івана Франка від 27 квітня 2022 року, протокол № 28/4, рецензенти, а саме:

- Решетняк Олександр Володимирович – завідувач кафедри фізичної та колоїдної хімії, професор, д-р хім. наук за спеціальностями 02.00.04 – фізична хімія та 02.00.05 – електрохімія;
- Аксіментьєва Олена Ігорівна – головний науковий співробітник кафедри фізичної та колоїдної хімії, професор, д-р хім. наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія;
- Дутка Володимир Степанович – професор кафедри фізичної та колоїдної хімії, доцент, д-р хім. наук за спеціальностями 02.00.04 – фізична хімія,

розглянувши докторську дисертацію Шмичкової Олесі Борисівни “Електрохімічне формування композитів на основі PbO_2 та їх електрокаталітичні властивості” (тема дисертації затверджена ухвалою Вченої ради Львівського національного університету імені Івана Франка від 25 травня 2022 р., протокол № 29/5), наукові публікації, в яких висвітлені основні отримані наукові результати, а також результати фахового семінару кафедри фізичної та колоїдної хімії від 2 травня 2022 року, протокол № 16, **ухвалили:**

1. Дисертаційна робота Шмичкової Олесі Борисівни, представлена на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія, є кваліфікаційною науковою працею, підготовленою у вигляді наукової доповіді за сукупністю статей. За обсягом, актуальністю, рівнем наукової новизни та практичної цінності робота **відповідає** вимогам пп. 7–9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року.

Актуальність теми. Одним із найважливіших завдань хімічного матеріалознавства є спрямований синтез нових або модифікованих функціональних матеріалів із прогнозованими властивостями. Незважаючи на різноманіття існуючих методів одержання матеріалів, електрохімічні є одними з найбільш привабливих як з погляду можливостей керування процесом синтезу, так і економічної ефективності.

Можливість застосування тих або інших оксидних систем за високих анодних потенціалів визначатиметься їх відповідністю загальним експлуатаційним вимогам, що висуваються до електродів і забезпечують високу швидкість та селективність цільового процесу. Відсутність універсального анодного матеріалу вимагає створення нових підходів до управління функціональними властивостями каталізатора.

У загальному випадку електрокаталітична активність електрода залежить від досить великого числа факторів, які можна об'єднати в дві великі групи: хімічні (які визначаються складом матеріалу) і структурні (що визначаються будовою). Взагалі, для оцінки електрокаталітичної активності матеріалу структурні та хімічні фактори необхідно розділити, що зробити вкрай важко, оскільки ці фактори є взаємозалежними. Структура матеріалу, як правило, пов'язана з

його хімічним складом. Так, наприклад, зміна хімічного складу покриття приводитиме до зміни морфології, фазового складу, текстури.

На жаль, не існує можливостей створення універсального анодного матеріалу, який можна використати для всіх процесів. Оптимальна стратегія під час розробки нових анодів полягає у виборі базового матеріалу, що задовольняє загальним експлуатаційним вимогам (задовільна електропровідність, тривалий ресурс роботи, доступність і прийнятна вартість), із наступним створенням на його основі активного шару електрокаталізатора відповідно до вимог конкретних цільових процесів (висока електрокаталітична активність і селективність). Таким матеріалом може бути PbO_2 завдяки задовільній корозійній стійкості, низькій вартості та високій електрокаталітичній активності у реакціях, що реалізуються за високих анодних потенціалів.

За таких умов більшість процесів, таких як виділення кисню й озону, окиснення неорганічних і органічних речовин, проходять через початкову стадію утворення кисеньвмісних частинок радикального типу, адсорбованих на поверхні електрода. Оскільки такі процеси описуються механізмами, що включають як мінімум одну однакову стадію, зокрема, першу стадію утворення адсорбованих гідроксил-радикалів, їх умовно об'єднують в одну велику групу реакцій з перенесенням кисню.

Беручи до уваги таке розмаїття процесів, потрібно певним чином впливати на швидкість цільового процесу. Не завжди вдається селективно впливати тільки на один процес, оскільки вони не є повністю незалежними. Типовими процесами, що реалізуються у водних розчинах на фоні виділення кисню, є окиснення органічних сполук і синтез сильних окисників (озон і гіпохлоритна кислота, тощо), які сильно залежать від природи каталізатора. Зміна швидкості навіть одного з цих процесів впливатиме на селективність цільового процесу.

Спроби прогнозування каталітичної активності змішаних чи модифікованих оксидів до сих пір не мали успіху. Необхідно відзначити, що інформативність різноманітних кореляцій між швидкістю реакції та фізико-хімічними властивостями електрокаталізатора є досить низькою. Це зумовлено низкою обставин, зокрема, відсутністю достовірної інформації про механізми реакцій та природу лімітуючих стадій, що реалізуються на різних електродах. Іншою

перепорою є відсутність експериментальної можливості виділення впливу лише одного фактора в чистому вигляді навіть за проходження реакцій за однаковим механізмом. Наприклад, практична неможливість відокремлення хімічних та структурних факторів один від одного вимагає отримання достовірних експериментальних даних про закономірності проходження досліджуваних процесів за різних умов, і вплив умов формування електрокаталізатора з його фізико-хімічні властивості, тобто. виникає класична тріада: умови отримання – склад та властивості матеріалу – електрокаталітична активність.

Вирішення цієї проблеми значно ускладнюється як відсутністю єдиної теорії електрокаталізу, так і методології керованого синтезу електрокаталізаторів із високою електрокаталітичною активністю та селективністю в цільових процесах. Таким чином, виконання даної роботи є необхідним і актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Робота виконана автором особисто на кафедрі фізичної хімії ДНВЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» впродовж 2014-2022 років, згідно з планами науково-дослідних робіт ДВНЗ УДХТУ, завданнями держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України: «Наноконпозиційні оксидні електрокаталізатори для процесів окиснення за участю оксигенвмісних радикалів»; номер держреєстрації 0112U002062 (2012-2014 рр.); «Фізико-хімічні методи одержання функціональних матеріалів», номер держреєстрації 0114U002802 (2014-2018 рр.); «Керований синтез металоксидних матеріалів із прогнозованими властивостями», номер держреєстрації 0115U003160 (2015-2017 рр.); «Композиційні каталізатори комбінованого типу в проточних системах для застосування в зонах локальних конфліктів», номер держреєстрації 0116U001490 (2016-2018 рр.); «Електрохімічна руйнація токсичних органічних речовин ароматичної природи – забруднювачів водного середовища», номер державної реєстрації 0116U006896 (2016-2018 рр.); «Керований електрохімічний синтез композиційних матеріалів металоксид-поверхнево-активна речовина», номер державної реєстрації 0118U003397 (2018-2020 рр.); «Каталітичне руйнування залишків фармацевтичних препаратів у проточних системах», номер державної реєстрації 0121U109529 (2021-2022 рр.) та Націо-

нального фонду досліджень України «Умовно безреагентні системи обробки лікарняних стоків», номер державної реєстрації 0120U104861 (2020-2021 рр.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, які сформульовані в дисертації. В дисертаційній роботі використані сучасні методи дослідження (стаціонарна, циклічна, інверсійна вольтамперометрія, вольтамперометрія з лінійною розгорткою потенціалу, хронопотенціометрія, хроноамперометрія, метод електродного імпедансу, метод обертового дискового електрода (вивчення кінетики електрохімічних процесів); фотоколориметрія, флуоресцентна та спектрофотометрія в УФ та видимій областях, атомно-абсорбційна спектроскопія, вискоефективна рідинна хроматографія (аналіз складу розчинів); скануюча електронна та атомно-силова мікроскопія, X-променева дифракція, енергодисперсійна X-променева та фотоелектронна спектроскопія (характеристика морфології, структури та хімічного складу оксидних покриттів). Використання декількох взаємодоповнюючих методів досліджень, а також комплексне використання набору сучасних методик, відтворюваність експериментального матеріалу дозволяє зробити висновки про обґрунтованість та достовірність отриманих результатів, що відповідають сучасним уявленням в галузях фізичної хімії, неорганічної хімії та хімічного матеріалознавства.

Наукова новизна одержаних результатів.

У роботі вперше отримані комплексні дані про закономірності нуклеації за наявності добавок ПАР в електроліті осадження. Запропоновано експрес-метод напівкількісної оцінки фазового складу покриттів, в основі якого аналіз відновлення утворюваних осадів на інверсійній вольтамперограмі.

Вперше вивчено кінетику осадження композитів за наявності в електроліті осадження ПАР, показано, що ефект інгібування осадження PbO_2 проявляється більше зі збільшенням довжини флуор-карбонового ланцюга. Вперше виявлено нетиповий ефект збільшення константи швидкості гетерогенної реакції окиснення Pb^{2+} залежно від концентрації полімера в розчині, пов'язаний із одночасною дією потенціала в площині локалізації активованого комплексу і параметра інгібування.

Уперше встановлені фактори керування складом композитних матеріалів PbO_2 -ПАР, PbO_2 -полімер, PbO_2 - TiO_2 -ПАР. Вивчено вплив складу композитів на реакцію виділення кисню. Отримано систематичні дані стосовно окиснення вибраних лікарських препаратів і сполук фенольного типу.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблені високоефективні електрокаталізатори анодних процесів новітнього типу складу PbO_2 -ПАР, PbO_2 -полімер та PbO_2 - TiO_2 -ПАР, створено наукові та експериментальні основи технологій їх отримання.

Для інтенсифікації процесу руйнування ароматичних забруднювачів запропоновано використання електрокаталізаторів в проточних системах, що дозволяє скоротити час перетворення в 10 разів.

Особистий внесок здобувача. Здобувач особисто здійснила пошук і аналіз наукової літератури за темою дисертації. Визначила та обґрунтувала методи наукових досліджень. Автором самостійно здійснено більшість експериментальних досліджень, статистичну обробку отриманих даних. Спільно з чл.-кор. НАН України, д.х.н., професором О. Б. Веліченком поставлено мету та задачі дослідження, сплановано експериментальні дослідження, проаналізовано отримані результати, сформульовано висновки. Частина експериментальних досліджень було виконано в Університеті Ферари (Італія) в відділенні Інституту органічного синтезу та фотокаталізу Національної Ради з досліджень (ISOFCNR) у рамках програми Міністерства освіти і науки України № 221250 «Навчання, стажування, підвищення кваліфікації студентів, аспірантів, науково-педагогічних та педагогічних працівників за кордоном». Під час здійснення цих досліджень науково-консультативну допомогу надавав професор Росано Амаделлі (керівник відділення ISOFCNR в Університеті Ферари). Дослідження за використання методів X-променевого спектрального аналізу були проведені в міжфакультетській науково-навчальній лабораторії рентгеноструктурного аналізу та центрі колективного користування науковим обладнанням «Лабораторія матеріалознавства інтерметалічних сполук», що є структурними підрозділами Львівського національного університету імені Івана Франка за консультаційної допомоги з інтерпретації отриманих результатів академіка НАН України, д.х.н.,

проф. Р. Є. Гладишевського та к.х.н., ст. досл. П.Ю. Демченка. Основними співавторами публікацій здобувача є професори, д.х.н. Т.В. Лук'яненко, М.В. Ніколенко та Д.В. Гиренко; доценти, к.х.н. Л.В. Дмитрікова та В.О. Книш. Автор брала участь у формулюванні наукового напрямку, постановці мети і завдань, виконання експериментальних досліджень, інтерпретації результатів кваліфікаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора філософії Загорулько Світлани Юріївни. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертаційній роботі використано тільки ті ідеї та здобутки, що являються особистим внеском здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідались і обговорювались на XX, міжнар. наук.-техн. конф. «Технологія-2017», Сєвєродонецьк, 2017; V міжнар. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та хімічні технології», Київ, 2014; Lead-Acid Batteries LABAT'2017, Golden Sands, 2017 (входить у перелік видань, включених до наукометричних баз Scopus); VIII міжнар. конф. студ., аспір. та мол. вчених «Хімія та сучасні технології», Дніпро, 2017; ECS Meeting: abstracts Honolulu, Hawaii, 2016, New Orlean, LA, 2017, Atlanta, GA, 2019 (USA); Всеукр. наук.-практ. конф. «Актуальні проблеми хім. та хім. технол.», Київ, 2016; XIII Intern. conf. on crystal chem. of intermetallic compounds, Lviv, 2016; IX Українському з'їзді з електрохімії Київ, 2021.

2. Дисертаційна робота Шмичкової О. Б. містить **особисто отримані** здобувачем науково обґрунтовані результати, а кількість та якість наукових праць опублікованих за її матеріалами **відповідають** Наказу МОН України № 1220 від 23 вересня 2019 року «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук».

За матеріалами дисертації опубліковано 37 наукових робіт, а саме: 3 – у наукових фахових виданнях України, 23 – у зарубіжних наукових журналах, що індексуються міжнародними наукометричними базами Scopus та/або WoS, а також 11 тез доповідей на наукових конференціях різного рівня. Основні результати дисертації розкрито насамперед в 11 публікаціях у виданнях, які

віднесені до першого і другого (Q1 і Q2) та 4 – до третього (Q3) квартилю, відповідно до класифікації SCImago Journal Ranking.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Наукові праці, що розкривають основні наукові результати дисертації

1. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Piletska, A.; etc. Electrocrystallization of lead dioxide: influence of early stages of nucleation on phase composition. *J. Electroanal. Chem.* **2015**, 746, 57-61. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (*Особистий внесок здобувача: планування і проведення досліджень за використання інверсійної вольтамперометрії, аналіз початкових стадій кристалізації з адаптацією модельних уявлень про характер нуклеації плюмбум(IV) оксиду, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису до опублікування*).

2. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Amadelli, R.; etc. Electrodeposition of Ni²⁺-doped PbO₂ and physicochemical properties of the coating. *J. Electroanal. Chem.* **2016**, 774, 88–94 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (*Особистий внесок здобувача: планування і проведення радіохімічних досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису до опублікування*).

3. **Шмычкова, О.Б.**; Лукьяненко, Т.В.; Величенко А.Б. Влияние ионов Ni²⁺ на электроосаждение PbO₂. *Вопр. химии и хим. технологии.* **2016**, 3(107). 40–46 (фахове видання). (*Особистий внесок здобувача: планування і проведення кінетичних досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису*).

4. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. The influence of early stages of PbO₂ nucleation on its phase composition. *Chem. Met. Alloys.* **2016**, № 3-4, 99–104 (фахове видання). (*Особистий внесок здобувача: узагальнення та інтерпретація результатів досліджень стосовно фазового складу покриттів, підготовка рукопису*).

5. **Шмычкова, О.Б.**; Лукьяненко, Т.В.; Гиренко, Д.В.; та ін. Влияние анионных добавок на закономерности электроосаждения диоксида свинца из нитратных электролитов. *Вопр. химии и хим. технологии.* **2016**, 4(108), 31–37

(фахове видання). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису).

6. **Shmychkova, O.B.**; Luk'yanenko, T.V.; Amadelli, R.; etc. Physicochemical properties of PbO_2 modified with nickel ions. *Prot. Met. Phys. Chem. Surf.* **2017**, 53, 68–74 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до третього квартилю (**Q3**). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, інтерпретація результатів, підготовка рукопису).

7. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. Lead dioxide electrocrystallization from nitrate and methanesulfonate electrolytes: the influence of various dopants on initial stages. *ECS Transactions*. 2017, 77(11), 1617–1623 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, інтерпретація результатів, підготовка рукопису).

8. **Shmychkova, O.**; Knysh, V.; Luk'yanenko, T.; etc. Electrodeposition of composite $\text{PbO}_2\text{-TiO}_2$ materials from colloidal methanesulfonate electrolytes. *J. Solid State Electrochem.* **2017**, 21, 537–544 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення досліджень стосовно потрійних композитних систем $\text{PbO}_2\text{-TiO}_2\text{-ПАР}$, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису до опублікування).

9. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. The electrochemical oxidation of 4-nitroaniline and 4-nitrophenol on modified PbO_2 -electrodes. *Bull. Dnipro Univ. Ser. Chem.* **2017**, 25(1), 27–35 (входить до наукометричної бази WoS). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, інтерпретація результатів, підготовка рукопису).

10. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Amadelli, R.; etc. The electrochemical oxidation of salicylic acid and its derivatives on modified PbO_2 -electrodes. *Bull. Dnipro Univ. Ser. Chem.* **2017**, 25(1), 36–44 (входить до наукометричної бази WoS). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису).

11. Velichenko, A.; Knysh, V.; Luk'yanenko, T.; **Shmychkova, O.** The composition and properties of composite $\text{PbO}_2\text{-TiO}_2$ materials electrodeposited from colloidal methanesulfonate electrolytes. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*.

2017, 4, 14–20 (входить до наукометричної бази Scopus). (*Особистий внесок здобувача: інтерпретація результатів, підготовка рукопису*).

12. **Shmychkova, O.B.**; Knysh, V.A.; Luk'yanenko, T.V.; etc. Electrocatalytic processes on PbO₂ electrodes at high anodic potentials. *Surf. Eng. Appl. Electrochem.* **2018**, 54(1), 38–46 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). (*Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису (включаючи змістовний переклад)*).

13. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Dmitrikova, L.; etc. Modified lead dioxide for organic wastewater treatment: Physicochemical properties and electrocatalytic activity. *J. Serb. Chem. Soc.*, **2019**, 84(2), 187–198 (входить у перелік видань, включених до наукометричних баз Scopus та WoS). (*Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису*).

14. Luk'yanenko, T.; **Shmychkova, O.**; Dmitrikova, L.; etc. The composition and electrocatalytic activity of composite PbO₂-surfactant electrodes. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii.* **2019**, 2019(5), 65–70 (входить у перелік видань, включених до наукометричних баз Scopus). Видання віднесене до третього квартилю (**Q3**). (*Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису*).

15. Luk'yanenko, T.V.; **Shmychkova, O.B.**; Yanova, C.V.; etc. The synthesis and electrocatalytic activity of PbO₂-polyelectrolyte and PbO₂-surfactant composite coatings. *J. Chem. Technol.* **2019**, 27(1), 92–100. (входить у перелік видань, включених до наукометричних баз Scopus та WoS) (*Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, узагальнення результатів, підготовка рукопису*).

16. Velichenko, A.; Luk'yanenko, T.; **Shmychkova, O.** Morphology and phase composition of lead dioxide coatings: Influence of methanesulfonate ions. *J. Energy Storage.* **2020**, 30, 101581 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (*Особистий внесок здобувача: планування і проведення досліджень стосовно вибору оптимальних електролітів для електроосадження композитів із заданим фазовим складом, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису до опублікування*).

17. Luk'yanenko, T.; **Shmychkova, O.**; Velichenko, A. PbO₂-surfactant composites: electrosynthesis and catalytic activity. *J. Solid State Electrochem.* **2020**, 24(4), 1045–1056. (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення досліджень стосовно кінетики електроосадження та фізико-хімічних властивостей композитів PbO₂-натрію лауретсульфат, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису до опублікування).

18. Velichenko, A.; Luk'yanenko, T.; **Shmychkova, O.** Lead dioxide-SDS composites: design and properties. *J. Electroanal. Chem.* **2020**, 873, 114412 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення досліджень стосовно електросинтезу та застосування композитів PbO₂-натрію додецилсульфат, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису до опублікування).

19. Velichenko, A.; Luk'yanenko, T.; Shmychkova, O.; etc. Electrosynthesis and catalytic activity of PbO₂-fluorinated surfactant composites. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* **2020**, 95(12), 3085–3092 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення досліджень щодо закономірностей синтезу композитів металоксид-ПАР із флуорокарбоновим ланцюгом, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису до опублікування).

20. Velichenko, A.; Luk'yanenko, T.; Nikolenko, N.; **Shmychkova, O.**; etc. Composite Electrodes PbO₂-Nafion[®]. *J. Electrochem. Soc.* **2020**, 167(6), 063501. (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до першого квартилю (**Q1**). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення досліджень стосовно встановлення закономірностей електроосадження та фізико-хімічних властивостей композитів металоксид-поліелектроліт, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису до опублікування).

21. **Shmychkova, O.**; Zahorulko, S.; Luk'yanenko, T.; etc. Electrochemical oxidation of chloramphenicol with lead dioxide–surfactant composites, *Water Environ. Res.* 2021, 93(11) 2716–2726 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до третього квартилю (**Q3**). (Особистий внесок

здобувача: планування експерименту стосовно електроокиснення модельної сполуки за використання електрокаталізатора PbO_2 -натрію додецилсульфат у водних розчинах різного складу, узагальнення результатів, підготовка рукопису).

22. Knysh, V; **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; etc. Electrosynthesis and characterization of lead dioxide–perfluorobutanesulfonate composite, *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 2021, 2021(5), 68–76 (входить до наукометричної бази Scopus). Видання віднесене до третього квартилю (**Q3**). (Особистий внесок здобувача: планування і проведення експерименту, узагальнення результатів, підготовка рукопису).

23. **Shmychkova, O.**; Zahorulko, S.; Girenko, D.; etc. Material selection and optimization of conditions for electrooxidation of nitrofurazone: A comparative study of tin and lead dioxides. *J. Electrochem. Soc.*, 2021, 168(8), 086507 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до першого квартилю (**Q1**). (Особистий внесок здобувача: планування експерименту стосовно окиснення фурациліну як модельної сполуки за використання різних електродних матеріалів, узагальнення результатів, підготовка рукопису).

24. Velichenko, A.; **Shmychkova, O.**; Samiolo, L.; etc. Reduction of nitroaromatics on cadmium sulfide: further probing the electrochemical model of semiconductor photocatalysis. *J. Solid State Electrochem.* **2021**, 25(1), 85–92 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (Особистий внесок здобувача: планування експерименту стосовно вибору та можливості застосування фотокаталізаторів для окиснення нітроароматичних сполук, узагальнення та інтерпретація результатів, підготовка рукопису).

25. **Shmychkova, O.**; Girenko, D.; Velichenko, A. Noble metals doped tin dioxide for sodium hypochlorite synthesis from low concentrated NaCl solutions. *J. Chem. Tech. Biotech.* **2022**, 97(4), 903–913 (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до другого квартилю (**Q2**). (Особистий внесок здобувача: планування експерименту стосовно дослідження матеріалів для електрохімічного синтезу кисеньвмісних окисників, що утворюються в

порцесі електролізу водних розчинів різного складу, узагальнення результатів рентгенівської фотоелектронної спектроскопії, підготовка рукопису).

26. Velichenko, A.B.; Luk'yanenko, T.V.; **Shmychkova, O.B.**; etc. New approaches to the creation of nanocomposite anode materials based on PbO_2 : a review. *Theor. Exp. Chem.* **2021**, 57(5), 331–342. (входить до наукометричних баз Scopus та WoS). Видання віднесене до третього квартилю (**Q3**). (Особистий внесок здобувача: запропоновано оригінальний підхід до створення новітніх нанокмпозитних анодних матеріалів на основі плюмбум(IV) оксиду, узагальнення результатів, підготовка рукопису).

Публікації, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. Kinetic regularities of lead dioxide electrocrystallization. In *ECS Meeting: abstracts*, Honolulu, Hawaii (USA), 2016, 3594. (Здобувач встановила закономірності електрокристалізації, підготувала тези до друку).

2. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. The influence of ionic dopants on initial stages of lead dioxide electrocrystallisation. *Перспективні матеріали та процеси в технічній електрохімії*: монографія / В. З. Барсуков, Ю. В. Борисенко, О. А. Букет, В. Г. Хоменко; за заг. ред. В. З. Барсукова. – К.: КНУТД, 2016. – С. 199-204. ISBN 978-966-7972-61-5. (Здобувач встановила закономірності електрокристалізації, виступила з доповіддю на конференції).

3. **Шмичкова, О.**; Лук'яненко, Т.; Веліченко, О. Складові малоізношувані аноди з активним шаром на основі PbO_2 . В матеріалах Всеукр. наук.-практ. конф. [«Актуальні проблеми хім. та хім. технол.», К.: НУХТ, 2016, 35–36. (Здобувач здійснила електрохімічний синтез електродів, підготувала тези до друку).

4. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. Influence of early stages of PbO_2 nucleation on the phase composition. In *proceedings XIII Intern. conf. on crystal chem. of intermetallic compounds: abstracts*, Lviv, 2016, 109. (Здобувач вивчила нуклеацію покриттів, виступила з доповіддю на конференції).

5. **Шмичкова, О.Б.**; Лук'яненко, Т.В. Електрохімічна руйнація токсичних органічних речовин ароматичної природи – забруднювачів водного середовища. В матеріалах XX міжнар. наук.-техн. конф. [«Технологія-2017»],

Сєвєродонецьк, 2017, 147–149. (Здобувач спланувала та провела експеримент, підготувала тези до друку).

6. **Шмичкова, О.Б.**; Манзюк, М.В.; Мурашевич, Б.В. Електрохімічне окиснення саліцилової кислоти на модифікованих PbO_2 -анодах. В матеріалах VIII міжнар. наук.-техн. конф. [«Хімія та сучасні технології»], Дніпро, 2017, 56–57. (Здобувач спланувала та провела експеримент, виступила з доповіддю на конференції).

7. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Knysh, V. Electrochemical oxidation of toxic organic aromatic substances. In *Promising materials and processes in applied electrochemistry: monograph / editor-in-chief V. Z. Barsukov.* – Kyiv: KNUTD, 2017. – Part. – P. 207-213. (ISBN 978-966-7972-79-0). (Здобувач спланувала та провела експеримент, виступила з доповіддю на конференції).

8. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. Lead dioxide electrocrystallization from nitrate and methanesulfonate electrolytes: the influence of various dopants on initial stages. In *ECS Meet. Abstr.* – 2017 MA2017-01(38): 1807. (Здобувач встановила закономірності електрокристалізації, підготувала тези до друку).

9. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. The influence of various dopants on initial stages of lead dioxide electrocrystallization from nitrate and methanesulfonate electrolytes. In *Lead-Acid Batteries LABAT'2017*, Albena: Labat-Science, 2017, 257–290 (входить до наукометричної бази Scopus). (Здобувач встановила закономірності електрокристалізації, підготувала тези до друку).

10. **Shmychkova, O.**; Luk'yanenko, T.; Velichenko, A. Lead dioxide based oxide-surfactant composites. In *ECS Meeting: abstracts*, Atlanta, GA (USA), 2019, 826. (Здобувач вивчила властивості покриттів PbO_2 -ПАР, підготувала тези до друку).

11. **Шмичкова, О.Б.**; Лук'яненко, Т.В.; Книш, В.О.; та ін. Вплив флуоромісних поверхнево-активних речовин та поліелектролітів на закономірності електроосадження PbO_2 . В *Електрохімія сьогодні: здобутки, проблеми, перспективи*: збірник наукових праць ІХ Українського з'їзду з електрохімії за участю закордонних вчених, причвячений 90 річниці від дня заснування

Інституту загальної та неорганічної хімії ім В.І. Вернадського НАН України, Київ, 2021, 42–43. (*Здобувач встановила вплив довжини флуорокарбонowego ланцюга на властивості композитів, виступила з доповіддю на конференції*).

3. Дисертаційна робота доцента Шмичкової О. Б. “Електрохімічне формування композитів на основі PbO_2 та їх електрокаталітичні властивості”, відповідає паспорту спеціальності 02.00.04 – фізична хімія, затвердженому МОН України, за такими напрямками:

- теорія хімічних реакцій, кінетика й механізм реакцій у газах, рідинах, твердих тілах і молекулярно організованих системах;
- поверхневі явища: адсорбція, адсорбенти, іонообмінники;
- взаємозв'язок хімічної будови речовин з їх реакційною здатністю;
- вплив фізичних факторів – температури, тиску, ультрафіолетового, інфрачервоного, радіаційного та інших видів випромінювання, електричного і магнітного полів, тощо на хімічні процеси.

4. Дисертаційна робота доцента кафедри фізичної хімії **Шмичкової Олесі Борисівни** “Електрохімічне формування композитів на основі PbO_2 та їх електрокаталітичні властивості” є завершеним науковим дослідженням в галузі хімії (фізичної хімії), яке вирішує важливу наукову проблему створення нових композитних електрокаталізаторів системи PbO_2 -ПАР (полімер) заданого складу залежно від природи та концентрації добавок у електроліт, а також взаємозв'язку закономірностей осадження і складу отриманих композитів на їх фізико-хімічні властивості, електрокаталітичну активність і селективність у реакціях руйнування ароматичних забруднювачів. Робота має істотне значення для розвитку фізичної хімії, а також суміжних галузей – неорганічної хімії, електрохімії, хімічної енергетики та хімічного матеріалознавства.

Дисертація містить обґрунтовані висновки на основі одержаних особисто здобувачем достовірних результатів, характеризується єдністю змісту, свідчить про особистий внесок здобувача в науку щодо розв'язання важливої теоретичної та ряду прикладних проблем. Робота відповідає принципам академічної доброчесності.

4. Рекомендувати дисертаційну роботу доцента кафедри фізичної хімії ДВНЗ УДХТУ Шмичкової Олесі Борисівни на тему “Електрохімічне формування композитів на основі PbO_2 та їх електрокаталітичні властивості” до подання на спеціалізовану вчену раду за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія.

26 травня 2022 року

Рецензенти:

Завідувач кафедри фізичної та колоїдної хімії

Львівського національного університету

імені Івана Франка,

доктор хімічних наук, професор  Олександр РЕШЕТНЯК

Головний науковий співробітник

кафедри фізичної та колоїдної хімії

Львівського національного університету

імені Івана Франка,

доктор хімічних наук, професор  Олена АКСІМЕНТЬЄВА

Професор кафедри фізичної та колоїдної хімії

Львівського національного університету

імені Івана Франка,

доктор хімічних наук, доцент  Володимир ДУТКА

Власноручні підписи професорів Олександра Решетняка, Олени Аксіментьєвої та Володимира Дутки підтверджую.

Вчений секретар

Львівського національного
університету імені Івана Франка,

кандидат філологічних наук, доцент  Ольга ГРАБОВЕЦЬКА

