

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U003337

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-07-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: №59/ОД від 24.09.2026



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Остапеч Олена Олександрівна

2. Olena Ostapets

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 102

Назва наукової спеціальності: Хімія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Неорганічна і координаційна хімія, фізична хімія, електрохімія

Дата захисту: 08-09-2026

Спеціальність за освітою: Хімія

Місце роботи здобувача: Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15724

Повне найменування юридичної особи: Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 31.15.33.05, 31.15.33.09, 31.15.33

Тема дисертації:

1. Електрохімічний синтез, структура та властивості сплавів ренію зі сріблом і кобальтом
2. Electrochemical synthesis, structure and properties of rhenium alloys with silver and cobalt

Реферат/анотація:

1. Дисертацію присвячено створенню засад керованого електрохімічного синтезу нових функціональних матеріалів на основі ренію зі сріблом і кобальтом для електроконтактної техніки, електрокаталізу та водневої енергетики. Поеднання ренію зі сріблом відкриває можливість створення електроконтактних покриттів, у яких висока електропровідність срібла доповнюється підвищеною зносо- та корозійною стійкістю і термічною стабільністю ренію. Використання кобальту як металу-медіатора дає змогу суттєво розширити діапазон вмісту ренію порівняно з бінарною системою Ag-Re та сформувати нові функціональні властивості – електрокаталітичну активність у реакції виділення водню (PVB) та відновленні СОп. Для системи Ag-Re розроблено діціаноаргентатно-перренатний електроліт на основі боратно-фосфатно-карбонатного буферного розчину (рН 7,0). Варіювання співвідношення $[Ag]:[ReO_4]$ від 10:1 до 1:10 забезпечує вміст ренію від 0,15 до 13,5 мас.% при виході за струмом 66–98%. Процес перебігає за змішаного дифузійно-кінетичного

контролю з енергією активації $65 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$. Підвищення густини струму від 3 до $15 \text{ мА} \cdot \text{см}^{-2}$ знижує вміст ренію незалежно від температури та перемішування. Встановлено протилежну дію етаноламінових добавок: триетаноламін інгібує електродний процес унаслідок адсорбції на катоді, моноетаноламін — активує його та запобігає пасивації срібного анода через утворення полілігандного комплексу з Ag(I) . РФА підтвердив нанокристалічну структуру (розмір кристалітів $28,7\text{--}35,0 \text{ нм}$) і розширення параметра ґратки від $4,077$ до $4,096 \text{ Å}$ внаслідок вбудовування атомів Re; у зразках з $13,5 \text{ мас.}\%$ Re виявлено рефлекси ReOп та ReпOп . Мікротвердість покриттів Ag-13,5Re ($116,1 \pm 19,8 \text{ кг} \cdot \text{мм}^{-2}$) більш ніж у 1,5 раза перевищує твердість електролітичного срібла ($74,6 \pm 9,7 \text{ кг} \cdot \text{мм}^{-2}$); залежність підпорядковується співвідношенню Голла–Петча. Визначено «діапазон функціонального електроосадження» ($[\text{Agп}]:[\text{ReOпп}] = 10:1$; $j = 2,5\text{--}6 \text{ мА} \cdot \text{см}^{-2}$, $t = 19\text{--}33 \text{ °C}$), у якому формуються покриття з $0,7\text{--}1,5 \text{ мас.}\%$ Re зі стабільними механічними та електричними характеристиками у широкому температурному інтервалі, для використання як електроконтактних матеріалів. Для системи Co–Re вперше розроблено полілігандний пірофосфатно-аміачний електроліт, що забезпечив вміст ренію $17,7\text{--}43,8 \text{ ат.}\%$ при виході за струмом $46\text{--}76\%$. Осадження відбувається в зоні граничних струмів та інтенсивного виділення водню за змішаного дифузійно-кінетичного контролю з попередньою хімічною стадією дисоціації комплексу $[\text{Co}(\text{NHп})\text{п}(\text{PпOп})]^2\text{п}$; максимальний вміст Re досягається при $j = 10 \text{ мА} \cdot \text{см}^{-2}$, що відповідає першому граничному плато. РФА показав формування твердих розчинів ренію в ГЦУ- (п-Co) та ГЦК- (п-Co) модифікаціях кобальту з розміром кристалітів $6\text{--}8 \text{ нм}$; параметри ґратки зростають зі збільшенням вмісту Re ($r_{\text{Re}} = 0,137 \text{ нм}$, $r_{\text{Co}} = 0,125 \text{ нм}$). Найвищу електрокаталітичну активність у РВВ в 1 М КОН виявляє сплав Co– $30,4 \text{ ат.}\%$ Re: $j_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$. Для цього ж складу встановлено максимальну здатність до абсорбції водню ($6,1 \text{ ат.}\%$), що відповідає стехіометрії інтерметаліду ReCoп типу АВп. Кореляцію між електрокаталітичною активністю у РВВ та водневою ємністю встановлено вперше для електролітичних сплавів Co–Re. Синтез тернарних покриттів Ag–Co–Re реалізовано за двома стратегіями: модифікуванням Ag–Co пірофосфатно-аміачного електроліту додаванням KReOп та модифікуванням розробленого для осадження Co–Re цитратного електроліту додаванням $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})\text{п}]$. Отримано покриття в діапазоні складів $15,7\text{--}94,6 \text{ ат.}\%$ Ag, $3,2\text{--}35,8 \text{ ат.}\%$ Co, $0,2\text{--}48,5 \text{ ат.}\%$ Re. За даними РФА нанокристалічна ГЦК–Ag фаза ($a = 4,077 \text{ Å}$) поєднується з твердим розчином Co–Re в ГЦУ- та ГЦК-модифікаціях з розміром кристалітів до 7 нм . Перенапряга РВВ в 1 М КОН становить $130\text{--}150 \text{ мВ}$ при $j = 10 \text{ мА} \cdot \text{см}^{-2}$, а j_0 окремих складів перевищує значення для бінарного Co–Re без формування напружених наводнених покриттів. Методом лінійної вольтамперометрії в 3 М KпCOп підтверджено активність покриттів у відновленні COп з утворенням синтез-газу ($\text{CO} + \text{Hп}$); найвищий струм відновлення зафіксовано для покриття з $54,8 \text{ ат.}\%$ Ag, а варіювання співвідношення $\text{Ag}/(\text{Co-Re})$ дає змогу керувати складом продуктів. Корозійна стійкість у 1 М КОН зростає зі збільшенням частки срібла: густина корозійного струму знижується з $9,3 \cdot 10^{-10}$ до $4,4 \cdot 10^{-10} \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$. Варіювання вмісту ренію в сплаві дає змогу цілеспрямовано змінювати функціональне призначення покриттів: $0,7\text{--}1,5 \text{ мас.}\%$ Re в Ag–Re – електроконтактні матеріали зі стабільними характеристиками у широкому температурному інтервалі; до $13,5 \text{ мас.}\%$ Re – матеріали з підвищеною мікротвердістю при збереженій електропровідності; $30 \text{ ат.}\%$ Re у кобальтовій матриці – електрокаталізатори РВВ зі здатністю до абсорбції водню; тернарні сплави Ag–Co–Re – біфункціональні електрокаталітичні системи для одночасного виділення водню та відновлення COп .

2. This dissertation is devoted to developing the scientific foundations of controlled electrochemical synthesis of nanostructured coatings in the Ag–Re, Co–Re, and Ag–Co–Re systems with predetermined functional properties for applications in electrical contact engineering, electrocatalysis, and hydrogen energy. Combining rhenium with silver enables fabrication of electrical contact coatings in which the high electrical conductivity of silver is complemented by enhanced wear and corrosion resistance and thermal stability provided by rhenium. The use of cobalt as a mediator metal broadens the accessible rhenium content range compared to the binary Ag–Re system and gives rise to new functional properties — electrocatalytic activity in the hydrogen evolution reaction (HER) and COп electroreduction. For the Ag–Re system, a dicyanoargentate–perrhenate electrolyte based on a borate–phosphate–carbonate buffer (pH 7.0) was developed. Varying the $[\text{Agп}]:[\text{ReOпп}]$ ratio from 10:1 to 1:10 yields rhenium contents of $0.15\text{--}13.5 \text{ wt.}\%$ at current efficiencies of $66\text{--}98\%$. The process proceeds under mixed diffusion–kinetic control with an activation energy of $65 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Opposite effects of ethanolamine additives were

established: triethanolamine inhibits the electrode process via cathode adsorption, whereas monoethanolamine activates it and suppresses silver anode passivation through polyligand complex formation with Ag(I). XRD confirmed a nanocrystalline structure (crystallite size 28.7–35.0 nm) and lattice expansion from 4.077 to 4.096 Å due to Re incorporation; reflections of ReO_n and ReO_n were detected at 13.5 wt.% Re. Microhardness of Ag–13.5Re ($116.1 \pm 19.8 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-2}$) exceeds that of electrodeposited silver ($74.6 \pm 9.7 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-2}$) by over 1.5 times following the Hall–Petch relationship. A “functional electrodeposition window” ($[\text{Ag}]:[\text{ReO}_n] = 10:1$; $j = 2.5\text{--}6 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$, $t = 19\text{--}33 \text{ }^\circ\text{C}$) was defined, within which coatings with 0.7–1.5 wt.% Re suitable for electrical contact applications are obtained. For the Co–Re system, a polyligand pyrophosphate–ammonia electrolyte was developed for the first time, yielding rhenium contents of 17.7–43.8 at.% at current efficiencies of 46–76%. Deposition occurs under mixed diffusion–kinetic control preceded by dissociation of $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{P}_2\text{O}_7)]^{2-}$; maximum rhenium content is achieved at $j = 10 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$. XRD revealed Re solid solutions in both hcp (α -Co) and fcc (β -Co) cobalt modifications with crystallite sizes of 6–8 nm. The Co–30.4 at.% Re alloy demonstrates the highest HER activity in 1 M KOH ($j_0 = 1.0\cdot 10^{-3} \text{ A}\cdot\text{cm}^{-2}$) and maximum hydrogen absorption capacity (6.1 at.%), consistent with AB₃-type ReCo_3 intermetallic stoichiometry. The correlation between HER activity and hydrogen storage capacity is established for the first time for electrodeposited Co–Re alloys. Ternary Ag–Co–Re coatings were synthesized via two strategies: modification of the Ag–Co pyrophosphate–ammonia electrolyte with KReO_4 , and modification of the Co–Re citrate electrolyte with $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$, covering compositions of 15.7–94.6 at.% Ag, 3.2–35.8 at.% Co, 0.2–48.5 at.% Re. XRD data show coexistence of a nanocrystalline fcc-Ag phase ($a = 4.077 \text{ Å}$) with a Co–Re solid solution with crystallite sizes up to 7 nm. HER overpotential in 1 M KOH is 130–150 mV at $j = 10 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$, with exchange current densities of selected compositions exceeding those of binary Co–Re without hydrogenation-induced stress. Linear sweep voltammetry in 3 M K_2CO_3 confirmed CO_2 reduction activity yielding synthesis gas ($\text{CO} + \text{H}_2$); the highest reduction current was recorded at 54.8 at.% Ag, and the Ag/(Co–Re) ratio controls product composition. Corrosion current density in 1 M KOH decreases from $9.3\cdot 10^{-4}$ to $4.4\cdot 10^{-4} \text{ A}\cdot\text{cm}^{-2}$ with increasing silver content. Varying the rhenium content enables deliberate tuning of coating functionality: 0.7–1.5 wt.% Re in Ag–Re – electrical contact materials stable over a wide temperature range; up to 13.5 wt.% Re – enhanced microhardness with preserved conductivity; ~30 at.% Re in cobalt matrix – HER electrocatalysts with hydrogen absorption capability; ternary Ag–Co–Re alloys – bifunctional systems for simultaneous hydrogen evolution and CO_2 reduction to synthesis gas of controlled composition.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Bersirova, O.; Kublanovsky, V.; Kochetova, S.; Bondar, O. Electrochemical Formation and Characterization of Functional Ag–Re Coatings. *Materials* 2025, 18, 1893. doi:10.3390/ma18091893
- Yapontseva, Yu.; Ostapets, O.; Vyshnevskiy, O.; Kublanovsky, V. Effect of Composition and Crystal Structure of CoRe Alloys on Electrocatalytic Properties and Hydrogen Interaction. *Journal of Electrochemical Science and Engineering* 2026, 16, 3099.
- Yapontseva, Yu.; Ostapets, O.; Rud, A.; Kublanovsky, V. Electrochemical Synthesis, Structure and Properties of Ternary AgCoRe Nanoalloys Films. *Thin Solid Films* 2026, 843, 140948. doi:10.1016/j.tsf.2026.140948
- Бондар О. О.; Кочетова С. А.; Берсірова О. Л. Електрохімічне формування покриттів срібло-реній. III Всеукраїнська конференція молодих вчених Сучасне матеріалознавство. Матеріали та технології –

СММТ-2021 (19-20 жовтня 22 2021 року): збірник тез доповідей. – Київ, 2021. с. 52.

<https://www.imp.kiev.ua/mmsmt/wp-content/uploads/2021/10/МАТЕРІАЛИ-III-ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ-КОНФЕРЕНЦІЇ.pdf>.

- Бондар О. О.; Кочетова С. А.; Берсірова О. Л. Електроосадження покриттів срібло-реній з боратно-фосфатно-карбонатного (БФК) електроліту. Конференція молодих вчених ІЗНХ -2021 (24-25 листопада 2021 року): збірник тез доповідей. – Київ, 2021. с. 91-92. <https://doi.org/10.33609/j.ucj.2021.11.1-98>
- Берсірова О. Л.; Кочетова С. А.; Бондар О. О. Synthesis and characterization of electrolytic AgRe coatings. Міжнародна конференція 2nd International Research and Practice Conference Nanoobjects & Nanostructuring, «N&N-2022». (25-28 вересня 2022 року): збірник тез доповідей. – Львів, 2022. с. 57-58. https://drive.google.com/file/d/1TROnAqz8nft88hJ9adnHajWc_JEpGwa9/view
- Nikitenko V. M.; Yapontseva Yu. S.; Bondar O. O.; Babenkov E. A.; Kublanovsky V. S. Influence of the electrode material on the energy parameters of the electroreduction of dicyanoargentate complexes. Всеукраїнська конференція з міжнародною участю «Хімія, фізика та технологія поверхні» (29-30 травня 2024 року): збірник тез доповідей. – Київ, 2024. с. 61. <https://drive.google.com/file/d/1tJaD4gUBwS9PKcGhHhlu5iku7JwS9E8T/view>
- Бондар О. О.; Японцева Ю. С.; Кочетова С. А. Про можливість осадження тернарного електролітичного сплаву AgCoRe з пірофосфатно-амонійного електроліту. X Український електрохімічний з'їзд «Сучасні аспекти електрохімії», НТУУ «КПІ імені І. Сікорського» (24-26 вересня 2024 року): колективна монографія. – Київ: МПП «ЛИНО», 2024. с. 43-44. doi: 10.33609/elchimcongr.2024.09.1-210
- Ostapets O. O.; Yapontseva Yu. S. Voltammetric Investigation of the Formation of Binary AgCo, CoRe and Ternary AgCoRe Alloys. Всеукраїнська конференція з міжнародною участю «Хімія, фізика та технологія поверхні» (28-29 травня 23 2025 року): збірник тез доповідей. – Київ, 2025. с. 76. https://drive.google.com/file/d/1kS_ZoxnrTez-yF9xru-4_QKgAE78CDP9/view
- Ostapets O. O.; Yapontseva Yu. S. Absorption and desorption of hydrogen on electrodeposited CoRe alloys. IX International Materials Science Conference HighMatTech-2025 (6-10 жовтня 2025 року): збірник тез доповідей. – Київ, 2025. с. 82. <https://umrs.org.ua/activities/conferences/hmt-2025/boa2025/>
- Остапець О. О., Японцева Ю. С. Електрохімічний синтез покриттів сплавами AgCoRe та їх електрокаталітичні властивості. Конференція молодих вчених ІЗНХ -2025 (18-20 листопада 2025 року): збірник тез доповідей. – Київ, 2025. с. 48. <https://doi.org/10.33609/j.ucj.2021.11.1-98>
- Bersirova O.; Kublanovsky V.; Kochetova S.; Bondar O. Electrochemical Synthesis and Characterization of Ag-Re Coatings. Preprints.org (22 січня 2025 року) <https://doi.org/10.20944/preprints202501.1636.v1>

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0117U002437, 0123U100650, 0120U102247, 0119U101639

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Берсірова Оксана Леонідівна

2. Oksana L. Bersirova

Кваліфікація: д. т. н., старший науковий співробітник, 05.17.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8428-4845

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Японцева Юлія Сергіївна

2. Juliya S. Yarpontseva

Кваліфікація: к. х. н., 02.00.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8306-1014

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сахненко Микола Дмитрович

2. Mykola D. Sakhnenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.17.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5525-9525

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Малетін Юрій Андрійович

2. Yurii A. Malietin

Кваліфікація: д. х. н., член-кор. НАН України, 02.00.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5540-8490

Додаткова інформація: ;<https://orcid.org/0000-0001-5540-8490>

Повне найменування юридичної особи: Державна організація Інститут сорбції та проблем ендоекології Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05398131

Місцезнаходження: вул. Генерала Наумова, Київ, 03164, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пірський Юрій Кузьмич

2. Yurii K. Pirskyu

Кваліфікація: д.х.н., с.н.с., 02.00.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9431-4136

Додаткова інформація: Scopus Author ID 15841863400; Web of Science Researcher ID: GBF-1826-2022

Повне найменування юридичної особи: Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Фоманюк Сергій Станіславович

2. Sergii S. Fomanyuk

Кваліфікація: к. х. н., 02.00.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9844-8855

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Омельчук Анатолій Опанасович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Омельчук Анатолій Опанасович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Надія Іваха

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна