

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

аспіранта відділу фізико-неорганічної хімії Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України Арабаджи Миколи Івановича на тему «Гідрування хінолінів на нанофазних кобальт-вуглецевих каталізаторах», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 102 Хімія.

1. Актуальність теми. Каталітичне гідрування ароматичних азагетероциклів є одним з ключових процесів у тонкому та промисловому органічному синтезі, медичній хімії, агрохімії, виробництві функціональних матеріалів. Насичені та частково насичені функціоналізовані *N*-гетероцикли (тетрагідрохіноліни, піперидини тощо) є поширеними фрагментами активних речовин лікарських препаратів і засобів захисту рослин. Найпростішим шляхом одержання таких сполук є гідрування ароматичних аналогів, але такий процес ускладнюється через відтягування електронної густини з подвійних зв'язків $C=C$ на гетероатом азоту, що веде до їх дезактивації, можливу пасивацію активних центрів каталізатора – атомів металу – через координацію атома азоту субстрату або продукту, а також високу ймовірність перебігу побічних процесів (зокрема дегалогенування, *N*-алкілювання насиченого гетероциклу при проведенні процесу в спиртах як розчинниках).

З огляду на високу вартість найбільш поширених каталізаторів гідрування – систем на основі металів платинової групи – існує потреба в їх заміні більш економічно привабливими аналогами на основі перехідних металів, зокрема кобальту. Кобальтвмісні каталізатори, що проявляють високу каталітичну активність в процесах гідрування органічних сполук, розглядаються як альтернатива системам на основі платинових металів. Одним із методів одержання таких каталізаторів є піроліз кобальтвмісних вихідних сполук, а їх каталітичні властивості істотно залежать від умов піролізу, природи носія й властивостей вуглецевого матеріалу, який утворюється при формуванні таких систем. На початку виконання дисертаційної роботи зв'язок між виходом продуктів гідрування і селективністю таких процесів та хімічним і фазовим складом каталізаторів не був з'ясований. Таким чином, дослідження каталітичних властивостей кобальтвмісних систем, сформованих піролітичним або хімічним відновленням, що містять додаткові складові (вуглець, бор), є актуальною задачею сучасної фізичної хімії. Вирішення такої задачі має важливе значення як для розвитку фундаментальних досліджень, так і для раціонального конструювання високоактивних і селективних каталізаторів процесів гідрування.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами:
дисертаційна робота виконана в Інституті фізичної хімії імені Л.В.Писаржевського НАН України в рамках бюджетних тем «Розробка композитних матеріалів на основі металвмісних вуглецевих частинок і пористих носіїв для рідиннофазного каталітичного амінування карбонільних сполук» (номер держреєстрації 0120U102378, 2020-2022 рр.), «Розробка каталізаторів на основі сульфідів металів 6 і 7 груп і пористих носіїв для рідиннофазного селективного каталітичного гідрування галогенвмісних гетероциклічних сполук» (номер держреєстрації 0123U102517, 2023-2025 рр.), "Розвиток фундаментальних засад створення пористих матеріалів на основі цеолітів і координаційних сполук 3d та 4d металів для процесів переробки біосировини" (номер держреєстрації 0126U003364, 2026-2029 рр.).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації одержані такі нові наукові результати.

Встановлено, що опромінення швидкими електронами (енергія 2,3 МеВ) матеріалу, який містить наночастинки кобальту і допований азотом вуглець, веде, у більшості випадків, до підвищення виходів продуктів гідрування широкого ряду органічних речовин, що пояснюється зниженням співвідношення вмісту sp^3 - та sp^2 -гібридизованого вуглецю у складі каталізатора та збільшенням ступеню графітизації, яке, в свою чергу, веде до збільшення його каталітичної активності.

Показано можливість селективного гідрування бромозаміщених хінолінів зі збереженням зв'язку C–Br у присутності каталізатора, який містить наночастинки кобальту і вуглецевий матеріал, що може пояснюватися тим, що адсорбція таких субстратів відбувається у спосіб, який не веде до активації зв'язків C–Br (можливо, шляхом координації атому азоту до наночастинки кобальту і орієнтації ароматичної системи в напрямку від наночастинки кобальту через π - π взаємодії з вуглецевим матеріалом).

Встановлено, що в процесі гідрування хіноліну більш високі виходи досягаються при використанні каталізаторів з більшим вмістом гексагональної фази кобальту, що може пояснюватися більш високою каталітичною активністю такої модифікації порівняно з кубічною.

Показано, що вуглецевий матеріал, виділений зі складу каталізатора, одержаного піролізом комплексу кобальту з 1,2-діамінобензолом, складається з аморфного вуглецю і тонких вуглецевих шарів, які згортаються в нанотрубки при видаленні носія (аеросилу). При гідруванні хіноліну в присутності одержаного матеріалу досягається високий вихід 1,2,3,4-тетрагідрохіноліну за суттєво меншого вмісту кобальту порівняно з кількістю, потрібною при використанні вихідного каталізатора, що може пояснюватися важливою роллю одноатомних каталітично-активних кобальтвмісних центрів або власною каталітичною активністю вуглецевого матеріалу.

4. Практичне значення результатів дисертації.

Розроблені кобальтвмісні каталізатори для гетерогенно-каталітичного рідиннофазного гідрування органічних сполук можуть бути використані в лабораторних і малотоннажних масштабах для одержання азотовмісних насичених гетероциклів та ряду інших органічних сполук. Спосіб одержання каталізатора гідрування органічних сполук, який базується на піролізі комплексу кобальту(II), масштабовано до 100 г каталізатора за один синтетичний підхід.

Продемонстрована можливість селективного гідрування бромвмісних хінолінів з одержанням бромзаміщених тетрагідрохінолінів, що відкриває шлях до одержання важливих вихідних речовин для подальшої функціоналізації та одержання активних речовин для медичної хімії, агрохімії тощо.

Розроблені методи одержання нанофазного кобальту з різним розміром частинок можуть бути використані для створення нових функціональних матеріалів.

5. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі. Особисто здобувачем одержано основні експериментальні результати роботи, проведено їх обробку і аналіз. Постановка задачі, обговорення результатів дослідження і висновків, а також підготовка публікацій проводилися спільно з науковим керівником чл.-кор. НАН України С.В.Колотіловим. Рентгенофазовий аналіз проведено д.х.н. С.О.Алексєєвим (Київський національний університет імені Тараса Шевченка) та к.х.н. М.М.Курмачем (Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України). В обговоренні одержаних результатів брали участь проф. д.х.н. Д.М.Волочнюк, д.х.н. С.В.Рябухін, к.х.н. Б.В.Ващенко.

6. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За темою дисертації опубліковано 4 статті у фахових журналах (1 стаття Q2, 2 статті Q4 та 1 – категорія B) та тези 7 доповідей на міжнародних і вітчизняних конференціях, отримано 1 патент України на корисну модель.

Список публікацій автора

Статті:

1. The Influence of Electron Beam Irradiation on the Performance of Hydrogenation Catalysts Containing Co and Carbonaceous Particles on Silica. **M. I. Arabadzhy**, V. P. Pashkevych, O. O. Pariiska, O. V. Melnychenko, V. V. Buryanov, V. V. Subotin, B. V. Vashchenko, E. M. Ostapchuk, A. I. Frolov, K. S. Gavrilenko, S. V. Ryabukhin, D. M. Volochnyuk, S. V. Kolotilov // *Chemistry*, 2025, V. 7, No. 1, Article 26. <https://doi.org/10.3390/chemistry7010026> (**SCOPUS, Web of Science**)

(Здобувач здійснив аналіз даних літератури, проведення експериментальних досліджень та обробку експериментальних даних, брав участь в написанні статті).

2. Гідрування заміщених хінолінів на кобальт-борвмісних каталізаторах. **М. І. Арабаджі**, А. І. Фролов, С. О. Алексєєв, Є. М. Остапчук, В. В. Бур'янов, С. В. Колотілов // *Теорет. експерим. хімія*, **2025**, Т. 61, № 4, С. 240–246. (SCOPUS, Web of Science)

(Здобувач здійснив аналіз даних літератури, проведення експериментальних досліджень та обробку експериментальних даних, брав участь в написанні статті).

3. Вплив фазового складу і морфології наночастинок кобальту на процес каталітичного гідрування хіноліну. **М. І. Арабаджі**, С. В. Гринь, А. С. Потурай, А. І. Фролов, С. О. Алексєєв, Є. М. Остапчук, В. В. Бур'янов, С. В. Колотілов // *Теорет. експерим. хімія* **2025**, Т. 61, № 5, С. 308–315. (SCOPUS, Web of Science)

(Здобувач здійснив аналіз даних літератури, проведення експериментальних досліджень та обробку експериментальних даних, брав участь в написанні статті).

4. Catalytic hydrogenation of quinoline in the presence of carbonaceous material obtained by pyrolysis of a cobalt complex with 1,2-diaminobenzene. **М. І. Arabadzhy**, I. E. Kotenko, P. S. Yaremov, D. O. Mazur, S. V. Kolotilov *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr.* **2026**. No. 1. P. 32–39. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2026.01.032> (Категорія Б)

(Здобувач здійснив аналіз даних літератури, проведення експериментальних досліджень та обробку експериментальних даних, брав участь в написанні статті).

Патент України на корисну модель:

Спосіб одержання бромвмісних 1,2,3,4-тетрагідрохінолінів. **Арабаджі М. І.**, Пашкевич В. П., Парійська О. О., Фролов А. І., Остапчук Є. М., Рябухін С. В., Волочнюк Д. М., Колотілов С. В., Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України. МПК А61К31/00. № u202501235, заявл. 21.03.2025, патент на корисну модель № 162397, зареєстр. 25.03.2026, опубл. 25.03.2026, бюл. № 12/2026.

(Здобувач здійснив аналіз даних літератури, проведення експериментальних досліджень та обробку експериментальних даних, брав участь в написанні заявки на патент).

*Тези доповідей:

1. **Арабаджі М. І.**, Пашкевич В. П., Суботін В. В., Парійська О. О., Курмач М. М., Мельниченко О. В., Колотілов С. В., Вплив будови композитів нанорозмірного кобальту на їх каталітичні властивості в процесах гідрування азотвмісних гетероциклічних сполук, *Збірник тез доповідей VII Міжнародної (XVII Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Хімічні проблеми сьогодення". Вінниця, 19–21 березня 2024 р., с.105.*

2. **Арабаджі М. І.**, Пашкевич В.П., Суботін В.В., Остапчук Є.М., Парійська О.О., Курмач М.М., Мельниченко О.В., Колотілов С. В., Вплив

складу і будови кобальтвмісних композитів на їх каталітичну продуктивність в процесі гідрування хіноліну, *Матеріали XXVI Української конференції з органічної та біоорганічної хімії*, Ужгород, 16-20 вересня 2024 р., С. Д-11.

3. **Arabadzhy M.**, Gryn S., Alekseev S., Pashkevych V., Subotin V., Ostapchuk Ye., Melnychenko O., Pariyska O., Kurmach M., Kolotilov S., The influence of composition and structure of cobalt-containing composites on their catalytic productivity in the process of quinoline hydrogenation, *Proceedings of IIIrd international research and practice conference «nanoobjects & nanostructuring» (N&N-2024)*, October 7–10, 2024, Lviv, Ukraine, P. 6.

4. **Арабаджи М. І.**, Пашкевич В. П., Суботін В. В., Остапчук Є. М., Парійська О. О., Курмач М. М., Мельниченко О. В., Колотілов С.В. Вплив складу і будови кобальтвмісних каталізаторів на їх продуктивність в процесі гідрування органічних сполук, *Збірник наукових праць XX наукової конференції «Львівські Хімічні Читання – 2025»*, 2–4 червня 2025 р., Львів, Україна, С. У47

5. **Арабаджи М. І.**, Пашкевич В. П., Суботін В. В., Остапчук Є. М., Парійська О. О., Курмач М. М., Мельниченко О. В., Колотілов С. В., Вплив складу і будови кобальтвмісних каталізаторів на їх продуктивність в процесі гідрування хіноліну, *Збірка праць XV всеукраїнської конференції молодих вчених, студентів та аспірантів з актуальних питань хімії*, 7-10 жовтня 2025 р., Харків, Україна, С. 64

6. **Арабаджи М. І.**, Пашкевич В.П., Суботін В.В., Парійська О.О. Курмач М. М., Мельниченко О. В., Колотілов С.В. Вплив складу і будови кобальтвмісних композитів на їх каталітичну продуктивність в процесі гідрування хіноліну. Тези доповідей Об'єднаної наукової конференції Інституту фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України. Київ, 30 квітня–2 травня 2024 р., с.5-6.

7. **Арабаджи М. І.**, Пашкевич В.П., Суботін В.В., Парійська О.О., Курмач М.М., Мельниченко О.В., Колотілов С. В., Гринь С.В., Алексеев С.О. Каталітичні властивості кобальт-вуглецевих матеріалів в процесах гідрування ненасичених органічних сполук. Тези доповідей Об'єднаної наукової конференції Інституту фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України. Київ, 5-7 травня 2026 р., с. 10-11

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Арабаджи М. І. «Гідрування хінолінів на нанофазних кобальт-вуглецевих каталізаторах», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напряму наукових досліджень Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України зі спеціальності 102 Хімія.

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу «Гідрування хінолінів на нанофазних кобальт-вуглецевих каталізаторах», подану Арабаджи Миколою Івановичем на здобуття ступеня доктора філософії із спеціальності 102 Хімія, до захисту.

Голова Об'єднаного семінару
Інституту за спеціальностями
02.00.15 «Хімічна кінетика і каталіз»,
02.00.01 «Неорганічна хімія» та
02.00.04 «Фізична хімія» (розділ
«Адсорбція і адсорбенти»)

чл.-кор. НАН України,
д.х.н., професор

09.07.2026 р.



Ярослав ЛАМПЕКА