

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з наукової роботи  
Львівського національного  
університету імені Івана Франка

академік НАН України, д.х.н.,  
професор Роман СЛАДИШЕВСЬКИЙ



2022 р.

### ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи завідувача відділу хімії окислювальних процесів Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка Національної академії наук України

**Киці Андрія Романовича**

**“Кінетика формування Ag-, Cu- та Ni-вмісних наночастинок у розчинах”**,  
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 01 вересня 2022 року, протокол № 35/9, рецензенти, а саме:

– 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 спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія;

– Котур Богдан Ярославович – професор кафедри неорганічної хімії, професор, д-р хім. наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія,

розглянувши докторську дисертацію Киці Андрія Романовича “Кінетика формування Ag-, Cu- та Ni-вмісних наночастинок у розчинах” (тема дисертації затверджена ухвалою Вченої ради Львівського національного університету імені Івана Франка від 04 жовтня 2022 р., протокол № 36/10), наукові публікації, в яких висвітлені основні отримані наукові результати, а також результати фахового семінару кафедри фізичної та колоїдної хімії від 20 вересня 2022 року, протокол № 2, ухвалили:

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

**Актуальність теми досліджень.** Впродовж останніх десятиріч спостерігається експоненційний ріст кількості публікацій в області фундаментальних та прикладних наук, який пов'язаний із синтезом наночастинок металів, вивченням їхніх властивостей та практичним застосуванням. Такий бурхливий ріст наукових досліджень зумовлений розвитком інструментальних і синтетичних методів отримання та дослідження наноматеріалів. На особливу увагу заслуговують дослідження, які присвячені розробці контрольованих методів синтезу металевих наночастинок і наносистем на їх основі, які володіють низкою унікальних властивостей, зокрема оптичними, каталітичними, антимікробними, магнітними, тощо, що робить їх особливо перспективними матеріалами для використання в різних галузях науки і техніки. Серед великого різноманіття способів отримання металевих наноструктур варто виокремити так звані конденсаційні, або «*bottom-up*», методи синтезу наночастинок в рідких (водних та / або органічних) гомогенних чи гетерогенних середовищах, які базуються на реакціях хімічного відновлення іонів металів. Такий підхід має низку переваг над диспергаційними методами отримання наноматеріалів, оскільки укладання «будівельних блоків» є дещо більш контрольованим, ніж процеси деструкції в об'ємі масивного матеріалу. Використання ж конденсаційних методів синтезу підвищує імовірність отримання металевих наночастинок з прогнозованим складом, формою, розміром та розподілом частинок за розміром, оскільки такі характеристики здебільшого визначають сукупність фізико-хімічних властивостей наносистем. При цьому, слід зазначити, що формування наночастинок металів в розчинах є динамічним процесом, який супроводжується зміною концентрацій прекурсорів, фазового складу реакційної системи, локальними флуктуаціями температури, тощо, а тому більшість відомих особливостей формування металевих наночастинок є емпіричними і характерними лише для окремих методик синтезу та реакційних систем. Зокрема, критичний аналіз результатів досліджень, виконаних впродовж останніх десятиліть показав, що незважаючи на великий масив літературних даних, які присвячені дослідженню властивостей, використанню і розробці методів синтезу металевих наночастинок, вплив кінетичних і термодинамічних зако-

номірностей їхнього формування на характеристики утворюваних частинок вивчений недостатньо. Наприклад, навіть для таких широко досліджених систем як наночастинки благородних металів чітко не параметризовані залежності між кінетичними параметрами процесу і розміром отримуваних частинок. Відповідно, така неузгодженість в інтерпретації теоретичних і експериментальних даних значно ускладнює і здорожує розробку контрольованих методів синтезу металевих наночастинок, що, в свою чергу, сповільнює широке впровадження нанотехнологій в промислове виробництво. Тому вивчення кінетичних і термодинамічних закономірностей формування наночастинок металів в розчинах є актуальним для створення фізико-хімічних основ дизайну нанорозмірних матеріалів як з фундаментальної, так і з прикладної точок зору.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана у Відділенні фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України в рамках наукових напрямків установи “Дослідження направлених процесів формування наноматеріалів та нових функціональних наносистем”, “Дослідження радикальної полімеризації в гетерогенних системах, реакційної здатності та будови полімерних міжфазних шарів, створення нових композиційних матеріалів”. Одержані результати досліджень за темою дисертаційної роботи увійшли до звітів 6<sup>-ти</sup> держбюджетних та 10<sup>-ти</sup> госпдоговірних тем і грантів, керівником яких був дисертант, а саме: “Розробка методів синтезу поліметалевих наноструктур на основі d-елементів для електропровідних композицій та каталітичних наносистем” (№ 0120U002090); “Розробка наукових основ синтезу поліфункціональних нанорозмірних структур на основі нікелю міді і срібла” (№ 0120U002031); «Розробка кінетично контрольованих методів синтезу біметалевих наночастинок Ni–Me (Me = Ag, Cu) як наповнювачів для електропровідних композицій» (№ 0117U004289); «Розробка методик гетерофазного синтезу біметалевих наносплавів на основі срібла і міді для електропровідних полімерних композицій» (№ 0115U001072); “Контрольований синтез наночастинок міді та срібла як наповнювачів для електропровідних композитних матеріалів” (№ 0113U001391); “Розробка нових металоплакуючих додатків на основі наночастинок міді та срібла для захисту металів від трибокорозії” (№ 0111U001099); «Оптимізація методів синтезу та складу нанорозмірних органо–неорганічних пігментних композицій» (№№ 0110U005668; 0111U004363; 0112U002796; 0113U000755; 0114U000833; роботи виконувалися в рамках Державної цільової науково–технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 р. р.», затвердженої Постановою КМУ № 1231 від 28. 10. 2009 р.); «Розробка хімічних методів отримання антифрикційних додатків на основі дисперсних частинок металів» (№ № держреєстрації 0110U005668;

0111U004363; 0112U002796; 2013–2015 р. р.; роботи виконувалися в рамках Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин» («Ресурс»)).

Частина результатів досліджень за темою дисертаційної роботи отримана під час реалізації проекту від Державного фонду фундаментальних досліджень № 20440 “Синергічні органокаталітичні системи «N–гідроксіміди–металічні наночастинки» в окисненні органічних субстратів молекулярним киснем” (№ 0116U007290), у виконанні якого дисертант приймав безпосередню участь як відповідальний виконавець, а також під час виконання договору “Встановлення механізму, розроблення кінетичної моделі електрохімічного синтезу наночастинок срібла та концепції їх дизайну” (№ 0120U105247), керівником якого був дисертант в рамках реалізації проекту № 165/02.2020 “Дизайн поліфункціональних наноструктурованих моно– та біметалів з електродокаталітичними й антимікробними властивостями” від Національного фонду досліджень України.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, які сформульовані в дисертації.** В дисертаційній роботі використані сучасні методи дослідження, а саме: для дослідження кінетики формування моно- та біметалевих наночастинок використані методи прямої потенціометрії, фотоколориметрії, турбідиметрії та волюмометрії; для аналізу кінетичних кривих формування наночастинок металів використаний програмний пакет COPASI; фізико-хімічні властивості отриманих наноматеріалів досліджені з використанням спектроскопії UV / vis діапазону, порошкової дифракції X-променів, малокутового розсіювання X-променів, сканівної і трансмісійної електронної мікроскопії, енергодисперсійної X-променевої спектроскопії, трансмісійної електронної мікроскопії високої роздільної здатності, низькотемпературної адсорбції інертного газу, вібраційної магнітометрії; для розрахунку термодинамічних параметрів елементарних стадій формування нанокластерів срібла використаний метод квантово-хімічних розрахунків (DFT).

Використаний набір експериментальних методів та комплекс програмного забезпечення для опрацювання одержаних результатів створює основи для системного обґрунтування взаємозв'язку між кінетичними параметрами формування та фізико-хімічними властивостями отримуваних моно- та біметалевих наночастинок на основі срібла, міді, нікелю та кобальту. Використання низки 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 та нанохімії, а також хімічного матеріалознавства.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Під час виконання дисертаційної роботи дисертантом вперше:

– запропонована кінетична модель росту наночастинок срібла, яка враховує зміну концентрацій всіх реагентів і збільшення загальної площі поверхні–каталізатора під час процесу, що розширює і доповнює сучасні уявлення про механізм автокаталітичного гетерогенного росту наночастинок металів від поверхні;

– запропоновані механізми формування металевих наночастинок за умов їх гомогенної та гетерогенної нуклеації на основі узагальнення кінетичних даних та результатів комплексного дослідження властивостей утворюваних наносистем; закономірності є теоретичним підґрунтям для розробки та оптимізації методів формування металевих нанопорошків;

– виявлені кореляції між спостережуваними константами швидкостей нуклеації, росту та агрегації і полідисперсністю отримуваних наночастинок; на основі співставлення активаційних параметрів нуклеації і росту наночастинок з редокс-потенціалами відповідних металів показано, що за досліджених умов процес зародження нової фази лімітується хімічним процесом відновлення іонів металів;

– проведено молекулярне моделювання утворення кластеру  $Ag_4$  як прототипу процесу нуклеації наночастинок і встановлено, що термодинамічна ймовірність ступеневого формування критичного зародка срібла шляхом приєднання іона срібла до зростаючого незарядженого кластера з подальшим відновленням поліатомного катіона  $Ag_n^+$  є вищою, порівняно з асоціацією незаряджених атомів  $Ag^0$ ; на основі аналізу шляхів мінімальної енергії елементарних стадій процесу підтверджено припущення про ступеневе формування критичного зародка срібла;

– виведені рівняння для розрахунку концентрації утворюваних частинок та їх розмірів за значеннями спостережуваних констант швидкостей нуклеації і росту на основі запропонованої кінетичної моделі формування наночастинок металів за умов їх гомогенної нуклеації, яка враховує стадію утворення зародків;

– досліджена кінетика формування наночастинок нікелю за реакцією відновлення  $Ni(OH)_2$  гідразином у розчинах етиленгліколю і запропонована схема формування наночастинок нікелю в гетерогенних умовах;

– досліджена кінетика формування біметалевих наночастинок Ni-Co за реакцією відновлення відповідних гідроксидів гідразином у водних розчинах етиленгліколю і показано, що швидкість нуклеації Ni-Co-NPs визначається концентрацією  $Ni(OH)_2$ , а швидкість росту – концентрацією  $Co(OH)_2$ .

– запропонована псевдогомогенна модель процесу контактного відновлення іонів срібла на поверхні наночастинок нікелю; встановлено, що властивості

отримуваних продуктів залежать від вихідної концентрації іонів срібла в реакційній суміші: при низькій вихідній концентрації  $\text{Ag}^+$  срібло кристалізується у вигляді нанопластинок, а при високій – утворюються нанострижні срібла з включеннями нікелю.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропоновані кінетичні моделі та виведені на їхній основі рівняння для розрахунку кінетичних параметрів окремих стадій зародження і росту наночастинок Ag, Cu та Ni є науковою основою для розробки нових методів контрольованого синтезу наночастинок заданого розміру з метою отримання різноманітних нанодисперсій (на основі срібла) та нанопорошків (на основі нікелю), тобто нових матеріалів з прогнозованими властивостями, суттєвими перевагами яких є відносно доступна ціна і прогнозований сталий склад, які можуть бути використані як компоненти бактерицидних препаратів, електропровідні добавки для приготування негативних електродів Ni-MH батарей, що володіють власною розрядною ємністю, металеві наповнювачі з низьким порогом перколяції для електропровідних композицій, прекурсори для синтезу магнітосепарабельних каталізаторів в процесах окиснення органічної сировини молекулярним киснем, добавки до мастильних матеріалів для зниження трибокорозійного зношування вузлів механізмів, які працюють в агресивних середовищах.

Про практичну цінність отриманих результатів роботи свідчать “Акт дослідно-промислової перевірки ефективності нанорозмірних композиційних добавок до мастильних матеріалів для вузлів тертя шарошкових бурових доліт” та отримані Патенти України на корисні моделі № 78529, № 85539, № 132978, № 142652, № 147084. Частина результатів дисертаційної роботи впроваджена в навчальний процес і знайшли відображення в лабораторному практикумі у вигляді комплексних лабораторних робіт для студентів  $V^{-10}$  курсу хімічного факультету освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» з дисципліни вільного вибору «Наноструктури» кафедри фізичної і колоїдної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка.

**Особистий внесок здобувача** полягає у виборі наукового напрямку досліджень, самостійному плануванні та виконанні основної експериментальної частини роботи. Вибір, обґрунтування об’єктів та методів досліджень, а також розробку та апробацію підходів, що відповідають поставленим завданням дослідження, здійснено автором самостійно. Дисертант особисто приймав участь у виконанні, обробці та інтерпретації отриманих результатів досліджень, виборі напрямків їхньої практичної реалізації. Обговорення отриманого масиву експериментальних даних та формулювання основних висновків дисертаційної роботи проводилися автором спільно з науковим консультантом чл.-кор. НАН України, д. х. н.,

проф. І. Ю. Завалієм. Обговорення окремих положень кінетичних моделей формування наночастинок в розчинах проводилися автором спільно з д. х. н., доцентом Ю. Г. Медведєвських. Частина експериментальних даних були отримані спільно з співробітниками наукової групи, очолюваної автором – к. х. н., ст. д. Л. І. Базиляк, к. х. н., м. н. с. Ю. М. Гриндою, м. н. с. О. І. Побігун–Галайською, інж. В. В. Дожджаник та інж. Я. В. Пілюком. Частина досліджень та аналіз отриманих зразків з використанням трансмісійної електронної мікроскопії високої роздільної здатності проводилися спільно з к. х. н., н. с. І. С. Антонишин та доктором Паулем Сімоном (Інститут хімічної фізики твердих тіл Товариства Макса Планка (Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids) (м. Дрезден, Німеччина)). Дослідження властивостей металевих нанопорошків за методами порошкової дифракції та малокутового розсіювання X–променів проводилися на базі кристалографічного центру Університету Меріленду (Коледж-Парк, США) разом з д. х. н., проф. П. Ю. Завалієм. Дослідження морфології та елементного складу зразків з використанням сканувальної електронної мікроскопії та енергодисперсійного аналізу проводилися здобувачем разом з д. т. н., завідувачем відділу фізико–хімічних методів зміцнення та захисту металів С. А. Корнієм (Фізико–механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). Аналіз результатів дослідження малокутового рентгенівського розсіювання нікелевих нанопорошків проводилися разом з провідним спеціалістом кафедри фізики металів Львівського національного університету ім. І. Франка к. ф.-м. н. Ю. О. Куликом. Дослідження магнітних властивостей наночастинок нікелю проводилися на базі Французького національного центру наукових досліджень (French National Centre for Scientific Research, Париж, Франція) за сприяння д-ра Валері Поль-Бонкур. Дослідження особливостей електрохімічного синтезу наночастинок срібла в розчинах проводилися автором разом з д. х. н., проф., професором кафедри технології неорганічних речовин НУ “Львівська політехніка” О. І. Кунтим. Квантово-хімічні розрахунки проводилися разом з к. х. н., доцентом М. А. Туровським. Дослідження електрохімічних властивостей нанопорошків проводилися разом з к. х. н., с. н. с. Ю. В. Вербовицьким та аспірантом Х. І. Влад. Дослідження кінетики гідролізу  $\text{NaBH}_4$  проводилися разом з к. х. н., н. с. В. В. Березовцем. Обговорення результатів дослідження каталітичної активності  $\text{AgNPs}$  проводилися разом з д. х. н., проф. Й. О. Опейдою. Дослідження антимікробної активності  $\text{AgNPs}$  проводилися разом з д. т. н., проф. О. В. Карпенко. Трибологічні дослідження спряжених пар тертя за присутності наноструктурованих додатків проводилися за сприяння чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. В. І. Похмурського разом з д. т. н., с. н. с. В. А. Винаром та д. т. н., проф., пров. н. с. М. М. Студентом.

Автор брав участь у формулюванні наукового напрямку, постановці мети і завдань, виконанні експериментальних досліджень, інтерпретації результатів дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук Гринди Юрія Миколайовича. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертаційній роботі використано тільки ті ідеї та здобутки, що становлять особистий внесок здобувача.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародних та вітчизняних наукових конференціях, а саме: “Львівські хімічні читання” (Львів, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021 р. р.); International Research and Practice Conference “Nanotechnology & Nanomaterials” (Івано-Франківськ, 2013 р.; Львів, 2014, 2016, 2019, 2020, 2021 р. р.; Чернівці, 2017 р.; Київ, 2018 р.); International Conference “Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems” (Ivano-Frankivsk, 2013, 2017, 2019 р. р.); International Conference “Nanomaterials: Applications & Properties” (Алушта, 2013 р.; Одеса, 2018, 2021 р. р.); XX International Conference on Physics and Chemistry of Solid (Львів, 2015 р.); XV Українсько–Польський симпозіум “Теоретичні та експериментальні дослідження міжфазних явищ та їх технологічні застосування” (Львів, 2016 р.); Українська наукова конференція студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю “Хімічні проблеми сьогодення” (Вінниця, 2016 р.); Ukrainian Conference with International Participation “Chemistry, physics and technology of surface” (Київ, 2017 р.); Symposium “Modern Problems of Nanocatalysis NANOCAT–2017” (Київ, 2017 р.); Polish–Ukrainian conference “Polymers of special applications” (Radom, 2012 р.; Івано-Франківськ, 2014 р.); Міжнародна наукова конференція “Сучасні проблеми фізичної хімії” (Донецьк, 2013 р.); Всеукраїнська науково-практична конференція “Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність” (Херсон, 2017 р.); VIII Український з’їзд з електрохімії (Львів, 2018 р.); VI Науково–практичний семінар студентів, аспірантів і молодих вчених “Прикладні аспекти електрохімічного аналізу” (Львів, 2018 р.); II Міжнародна наукова конференція студентів, аспірантів і молодих вчених “Хімічні проблеми сьогодення. ХПС–2019” (Львів, 2019 р.); XIV International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds (Львів, 2019 р.); 6th International conference “HighMathTech–2019” (Київ, 2019 р.); 1–st International Research and Practice Conference “Nanoobjects & Nanostructuring (N&N–2020)” (Львів, 2020 р.).



2. Дисертаційна робота Киці А. Р. 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 97 наукових робіт, а саме: 9 розділів у колективних монографіях (3 з них індексуються НБД Scopus), 34 статті (зокрема, 11 – у наукових фахових виданнях України, 17 – у наукових журналах, що індексуються міжнародними наукометричними базами Scopus та / або WoS), 5 патентів на корисну модель, 50 тез доповідей на наукових конференціях різного рівня. Основні результати дисертації розкрито насамперед в 4 публікаціях у виданнях, які віднесені до першого (Q1), 3 – до другого (Q2) та 5 – до третього (Q3) квантилів, відповідно до класифікації SCImago Journal Rank.

### **Список публікацій здобувача за темою дисертації**

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації і які входять до наукометричної бази SCOPUS:**

1. **Kytsya A.** Bimetallic Ni-Co nanoparticles as an efficient catalyst of hydrogen generation via hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$  / **A. Kytsya**, V. Berezovets, Y. Verbovytskyu, L. Bazylyak, V. Kordan, I. Zavaliy, V. A. Yartys // J. Alloys Compd. – 2022. – vol. 908. – P. 164484. (Здобувачем синтезовані нанопорошки Ni-Co та проаналізовано кінетику гідролізу  $\text{NaBH}_4$ ) (SCOPUS Q1)

<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.164484>

2. **Kytsya A. R.** Synthesis, structure and hydrogenation properties of Ni-Cu bimetallic nanoparticles / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, I. Yu. Zavaliy, Yu. V. Verbovytsky, P. Yu. Zavaliy // Appl. Nanosci. – 2022. – vol. 12 – № 4 – p. p. 1183–1190 (Здобувачем оптимізовані умови одностадійного синтезу біметалевих нанопорошків Ni-Cu у водних розчинах етиленгліколю) (SCOPUS Q2).

<https://doi.org/10.1007/s13204-021-01742-6>

3. Zozulya G. Synthesis of silver nanoparticles by sonogalvanic replacement on aluminium powder in sodium polyacrylate solutions / G. Zozulya, O. Kuntiyi, R. Mnykh, **A. Kytsya**, L. Bazylyak // Ultrason. Sonochem. – 2022. – vol. 84. – P. 105951. (Здобувачем проведений аналіз кінетики процесу) (SCOPUS Q1)

<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105951>

4. Kuntiyi O. Sonoelectrochemical synthesis of silver nanoparticles in sodium polyacrylate solution / O. Kuntiyi, M. Shepida, M. Sozanskyi, Yu. Sukhatskiy, A. Mazur, **A. Kytsya**, L. Bazylyak // Biointerface Res. Appl. Chem. – 2021. – Vol. 11. – Issue 4. – P. P. 12202–12214. (Здобувачем проведений аналіз впливу умов синтезу на властивості отримуваних AgNPs в розчині натрій поліакрилату) (SCOPUS Q4).

<https://doi.org/10.33263/BRIAC114.1220212214>

5. Kuntiyi O. I. Microplasma synthesis of silver nanoparticles in PVP solutions using soluble anodes / O. I. Kuntiyi, **A. R. Kytsya**, A. B. Bondarenko, A. S. Mazur, I. P. Mertsalo, L. I. Bazylyak // Colloid Polymer Sci. – 2021. – vol. 299. – issue 5. – p. p. 855–863. (Здобувачем проведений аналіз кінетичних закономірностей мікроплазмозового синтезу AgNPs в розчинах полівінілпірролідону) (SCOPUS Q2).

<https://doi.org/10.1007/s00396-021-04811-y>

6. **Kytsya A.** Zeolite Supported Ni and Co Catalysts for Hydrogen Generation via Hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$  / A. Kytsya, V. Berezovets, Y. Verbovytskyu, L. Bazylyak, I. Zavaliy, V. Yartys // Proceedings of the 2021 IEEE 11<sup>th</sup> International Conference on “Nanomaterials: Applications & Properties (NAP–2021)”, 05–11 September, 2021, Odesa, Ukraine. – ISBN 978-1-6654-3907-7/21.– P. NEE07-1– NEE07-4. (Здобувачем синтезовані наноструктуровані каталізатори та досліджена кінетика гідролізу) (SCOPUS)

<https://doi.org/10.1109/NAP51885.2021.9568617>

7. Kuntiyi O. “Green” Synthesis of Metallic Nanoparticles by Sonoelectrochemical and Sonogalvanic Replacement Methods / O. Kuntiyi, G. Zozulya, **A. Kytsya** // Bioinorg. Chem. Appl. – 2021. – vol. 2021. – P. 9830644 (17 p.p.). (Здобувачем проведений аналіз літератури з синтезу AgNPs) (SCOPUS Q1)

<https://doi.org/10.1155/2021/9830644>

8. **Kytsya A. R.** Molecular modeling of  $\text{Ag}_4$  cluster formation as a prototype of silver nanoparticles nucleation / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. M. Pasternak, M. A. Turovsky // Mol. Cryst. Liq. Cryst. – 2021. – vol. 720 – № 1– p. p. 17–25 (Здобувачем проведено аналіз термодинаміки формування кластерів срібла) (SCOPUS Q3).

<https://doi.org/10.1080/15421406.2021.1905269>

9. Kuntiyi O. I. Electrochemical synthesis of silver nanoparticles in solutions of rhamnolipid / O. I. Kuntiyi, A. S. Mazur, **A. R. Kytsya**, O. V. Karpenko, L. I. Bazylyak, I. P. Mertsalo, Y. Ya. Pokynbroda, A. M. Prokopalo // Micro Nano Lett. – 2020. – Vol. 15. – Iss. 12. – p. p. 802–807 (Здобувачем проведено аналіз кінетики електрохімічного синтезу AgNPs в розчинах рамноліпіду) (SCOPUS Q3).

<https://doi.org/10.1049/mnl.2020.0195>

10. **Kytsya A. R.** Kinetics of  $\text{Ag}_{300}$  nanoclusters formation: the catalytically effective nucleus via a steady–state approach / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, Paul Simon, I. M. Zelenina, I. S. Antonyshyn // Int. J. Chem. Kinet. – 2019. – vol. 51. – № 4.– p. p. 266–273 (Здобувачем встановлені кінетичні закономірності формування AgNPs та розроблена кінетична модель формування AgNPs за умов їх гомогенної нуклеації) (SCOPUS Q3).

<https://doi.org/10.1002/kin.21249>

11. Kuntiyi O. I. Electrochemical synthesis of silver nanoparticles by reversible current in solutions of sodium polyacrylate / O. I. Kuntiyi, **A. R. Kytsya**, I. P. Mertsalo, A. S. Mazur, G. I. Zozula, L. I. Bazylyak, R. V. Topchak // Colloid and Polymer Science. – 2019. – vol. 297 – № 5. – p. p. 689–695 (*Здобувачем встановлені закономірності хімічного синтезу AgNPs в розчині натрій поліакрилату та проведений аналіз кінетичних закономірностей їх формування електрохімічним методом*) (SCOPUS Q2).

<https://doi.org/10.1007/s00396-019-04488-4>

12. Opeida I. A. Magnetically separable nanocatalyst Ag@Ni for the liquid–phase oxidation of cumene / I. A. Opeida, **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. I. Pobigun–Halaiska // Theor. Exp. Chem. – 2018. – vol. 54. – № 4. – p. p. 242–246 (*Здобувачем синтезовані нанопорошки Ag@Ni та проведений аналіз кінетики окиснення кумену молекулярним киснем за їх присутності*) (SCOPUS Q3).

<https://doi.org/10.1007/s11237-018-9569-3>

13. **A. Kytsya** Synthesis and Catalytic Properties of Ni@Ag Bimetallic Nanostructures / **A. Kytsya**, L. Bazylyak, O. Pobigun–Halaiska, I. Opeida, P. Simon, I. Zelenina // Proceedings of the 2018 IEEE 8<sup>th</sup> International Conference on “Nanomaterials: Applications & Properties (NAP–2018)”, 09–14 September, 2018, Zatoka, Odesa Reg., Ukraine. – ISBN 978–1–5386–5333–3. – 2018. – Part. 1. – P. 01SPN20-1–01SPN20-4 (*Здобувачем проведений аналіз кінетики формування біметалевих наносистем Ni@Ag*) (SCOPUS).

<https://doi.org/10.1109/NAP.2018.8915129>

14. Zavaliy I. Y. Synthesis and structure of Ni–based nanopowders / I. Y. Zavaliy, **A. R. Kytsya**, Y. V. Verbovytskyy, Y. O. Kulyk, P. Y. Zavalij // Proceedings of the 2018 IEEE 8<sup>th</sup> International Conference on “Nanomaterials: Applications & Properties (NAP–2018)”, 09–14 September, 2018, Zatoka, Odesa Reg., Ukraine. – ISBN 978–1–5386–5333–3. – 2018. – Part. 1. – P. 01SPN32-1–01SPN32-4 (*Здобувачем оптимізовані способи синтезу нанопорошків на основі нікелю*) (SCOPUS).

<https://doi.org/10.1109/NAP.2018.8914926>

15. Opeida I. A. Silver nanoparticle catalysis of the liquid-phase radical chain oxidation of cumene by molecular oxygen / I. A. Opeida, **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. I. Pobigun // Theoretical and Experimental Chemistry. – 2017. – vol. 52. – № 6. – p. p. 369–374 (*Здобувачем синтезовано AgNPs та проведений аналіз кінетики окиснення кумену молекулярним киснем за їх присутності*) (SCOPUS Q3).

<https://doi.org/10.1007/s11237-017-9492-z>

16. **Kytsya A.** The kinetic rate law for the autocatalytic growth of citrate–stabilized silver nanoparticles / **A. Kytsya**, L. Bazylyak, Y. Hrynda, A. Horechyy, Y. Medvedevskikh // International Journal of Chemical Kinetics – 2015. – vol. 47. – № 6. – р. р. 351–360 (*Здобувачем проведений аналіз закономірностей відновлення іонів срібла та розроблена кінетична модель росту AgNPs*) (SCOPUS Q1).

<https://doi.org/10.1002/kin.20913>

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації, і які включені до переліку наукових фахових видань України:**

17. Базиляк Л. Синтез та антимікробна активність наночастинок срібла стабілізованих рамноліпідом / Л. Базиляк, **А. Киця**, О. Кунтий, Н. Корецька, Т. Покинсьброда, А. Прокопало, О. Карпенко // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2022. – вип. 63. – с. с. 363–372 (*Здобувачем проведений аналіз кінетики формування AgNPs в присутності RL*).

<https://doi.org/10.30970/vch.6301.363>

18. Bazylyak L. I. Synthesis of silver nanoparticles using the rhamnolipid biocomplex of microbial origin / L. I. Bazylyak, **A. R. Kytsya**, O. V. Karpenko, A. M. Prokopalo, T. Pokynbroda, A. S. Mazur, O. I. Kuntiyi // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2020. – вип. 61 – ч. 2. – с. с. 404–413 (*Здобувачем проведений аналіз кінетичних закономірностей синтезу AgNPs в присутності РБК*).

<https://doi.org/10.30970/vch.6102.404>

19. Базиляк Л. І. Синтез та антимікробна активність наночастинок срібла стабілізованих цитрат-аніонами / Л. І. Базиляк, **А. Р. Киця**, І. В. Карпенко, О. В. Карпенко // Праці НТШ. Хім. науки. – 2020. – т. LX. – с. с. 127–135 (*Здобувачем синтезовані колоїдні розчини AgNPs та досліджені їхні оптичні характеристики*).

<https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2020.60.127>

20. **Киця А.** Синтез нанопорошків нікелю в розчинах вода / етиленгліколь. Вплив концентрації прекурсор і температури на розмір частинок / **А. Киця**, О. Побігун-Галайська, Л. Базиляк, Т. Засадний, Ю. Вербовицький, П. Лютий // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2019. – № 60. – Ч. 2. – с. с. 421–427. (*Здобувачем встановлений вплив умов синтезу на властивості отримуваних наночастинок нікелю*).

<https://doi.org/10.30970/vch.6002.421>

21. **Киця А.** Синтез нанопорошків нікелю в розчинах вода / етиленгліколь. Вплив складу розчинника на розмір частинок / **А. Киця**, О. Побігун-Галайська, Л. Базиляк, В. Березовець, Ю. Вербовицький. // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2018. – № 59. – Ч. 2. – с. с. 460–466. (*Здобувачем встановлений вплив природи розчинника на властивості отримуваних наночастинок нікелю*).

<https://doi.org/10.30970/vch.5902.460>

22. **Киця А.** Субмікронні частинки нікелю як наповнювач для електропровідних полімерних композитів / **А. Киця**, Л. Базиляк, О. Побігун // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2017. – № 58. – Ч. 2. – с. с. 442–449. (*Здобувачем синтезовані наночастинки нікелю і розраховане значення фактора упаковки наповнювача в полімерній матриці електропровідного композиту*).

23. **Киця А. Р.** Кінетичні закономірності формування наночастинок срібла в присутності центрів кристалізації / **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк // Праці НТШ. Хім. науки. – 2017 – т. XLVIII. – с. с. 56–63 (*Здобувачем проведений аналіз кінетичних закономірностей формування AgNPs за умов їх гетерогенної нуклеації*).

24. Побігун О. Кінетика формування субмікронних частинок нікелю в середовищі етиленгліколю / О. Побігун, Л. Базиляк, **А. Киця** // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2016. – № 57. – Ч. 2. – с. с. 527–533. (*Здобувачем проведений аналіз кінетики формування NiNPs за умов їх гомогенної нуклеації*).

25. **Киця А.** Гомогенна нуклеація наночастинок срібла в трактуванні концепції кінетично ефективного ядра та класичної теорії зародження нової фази / **А. Киця** // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2016. – № 57. – Ч. 2 – с. с. 513–519.

26. **Киця А.** Кінетична модель росту наночастинок срібла / **А. Киця**, Л. Базиляк, Ю. Гринда, Ю. Медведєвських // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2015. – № 56. – Ч. 2. – с. с. 319–327 (*Здобувачем проведено аналіз кінетичних закономірностей росту AgNPs*).

27. **Киця А.** Кінетика зародження нової фази в реакції відновлення іонів срібла гідразинном / **А. Киця**, Ю. Гринда, Л. Базиляк, Ю. Медведєвських // Вісн. Львів. у-ту. Сер. хім. – 2013. – № 54. – Ч. 2. – с. с. 372–376 (*Здобувачем встановлені порядки реакції зародження AgNPs за всіма реагентами та розраховано ефективну константу швидкості процесу*).

**Розділи монографій, в яких опубліковані результати досліджень за темою дисертаційної роботи:**

28. **Kytsya A.** Kinetic modeling of metal nanoparticles formation in solutions: A mini review / **А. Kytsya**, L. Bazylyak, O. Kuntiyi // Chapter of monography in book: “Advances in nanotechnology. Volume 25” / Eds.: Bartul Z., Trenor J. / Nova Science Publishers, Inc. – NY, USA. – ISBN: 978-1-68507-288-9. – 2021. – p. p. 179–204. (*Здобувачем проведений критичний аналіз кінетичних моделей формування MNPs*).

29. Yartys V. Hydrogen generation by hydrolysis of metals and hydrides for portable energy supply / V. Yartys, I. Zavaliiy, Yu. Pirskyu, Yu. Solonin, V. Berezovets, F. Manilevich, Yu. Verbovytskyu, **А. Kytsya**, A. Kutsyi // Chapter of monography in book: “Hydrogen based energy storage: status and recent developments” / Eds.: Yartys V., Solonin Yu., Zavaliiy I. / Prostir-M. – Lviv. – ISBN: 978-617-8055-08-0. – 2021. – p. p. 15–37. (*Здобувачем досліджена кінетика гідролізу  $\text{NaBH}_4$  за присутності аморфних NiB і CoB каталізаторів*)

<http://dx.doi.org/10.15407/materials2021.015>

30. Yartys V. Ni-, Co- and Pt-based nanocatalysts for hydrogen generation via hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$  / V. Yartys, I. Zavaliy, **A. Kytsya**, V. Berezovets, Yu. Pirskeyy, F. Manilevich, Yu. Verbovytskyy, P. Lyutyuy / Chapter of monography in book: “Hydrogen based energy storage: status and recent developments” / Eds.: Yartys V., Solonin Yu., Zavaliy I. / Prostir-M. – Lviv. – ISBN: 978-617-8055-08-0. – 2021. – p. p. 94–104. (*Здобувачем досліджена кінетика гідролізу  $\text{NaBH}_4$  за присутності кристалічних Ni-Co каталізаторів*)

<http://dx.doi.org/10.15407/materials2021.094>

31. Kuntiyi O. Modification of a Semiconductors Surface by Metal Nanostructures by Galvanic Replacement Method: A Review / O. Kuntiyi, G. Zozula, **A. Kytsya**, L. Bazylyak, M. Shepida // Chapter of monography in book: “Advances in nanotechnology. Volume 26” / Eds.: Bartul Z., Trenor J. / Nova Science Publishers, Inc. – NY, USA. – ISBN: 978-1-68507-288-9. – 2022. – p. p. 179–204. (*Здобувачем проведений аналіз літератури з осадження  $\text{AgNPs}$  на поверхні напівпровідників*).

32. **Kytsya A. R.** UV/VIS-spectra of silver nanoparticles as characteristics of their sizes and sizes distribution / A. R. Kytsya, O. V. Reshetnyak, L. I. Bazylyak, Yu.M. Hrynda // Chapter of monography in book: “Functional Polymer Blends and Nanocomposites: A Practical Eng. Approach” / Eds: Gennady E. Zaikov, Liliya I. Bazylyak, Haghi A. K. / Apple Academic Press, Inc. – NJ, USA. – ISBN 978–1–926895–89–5. – 2014. – Ch. 12. – p. p. 232–241. (*Здобувачем встановлені кореляції між оптичними характеристиками колоїдних розчинів срібла і розмірами наночастинок*) (SCOPUS).

33. Bazylyak L. I. Synthesis and studies of the anticorrosion activity of the zinc phosphate nanoparticles / L. I. Bazylyak, **A. R. Kytsya**, I.M. Zin, S. A. Korniy // Chapter of monography in book: “Functional Polymer Blends and Nanocomposites: A Practical Eng. Approach” / Eds: Gennady E. Zaikov, Liliya I. Bazylyak, Haghi A. K. / Apple Academic Press, Inc. – NJ, USA. – ISBN 978–1–926895–89–5. – 2014. – Ch. 12. – p. p. 242–255. (*Здобувачем розроблено метод синтезу наночастинок фосфату цинку*) (SCOPUS).

34. **Kytsya A. R.** An influence of kinetic parameters of reaction on the size of obtained nanoparticles under reduction of silver ions by hydrazine / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, Yu. M. Hrynda, Yu. G. Medvedevskikh // Chapter of monography in book: “Functional Polymer Blends and Nanocomposites: A Practical Eng. Approach” / Eds: Gennady E. Zaikov, Liliya I. Bazylyak, Haghi A. K. / Apple Academic Press, Inc. – NJ, USA. – ISBN 978–1–926895–89–5. – 2014. – Ch. 12. – p. p. 255–262 (*Здобувачем проведено аналіз кінетичних закономірностей формування наночастинок срібла у водних розчинах*) (SCOPUS).

35. Medvedevskikh Yu. G. Methodological principles of chemical kinetics / Yu.G. Medvedevskikh, **A. R. Kytsya**, Bazylyak L. I., Turovsky A. A., Zaikov G. E. // Chapter of monography in book: “Basic Researches in Polymer and Monomer Chemistry”. – 2006. – Nova Science Publ., Inc. – ISBN 1–59454–909–5. – Ch. 7. – p. p. 109–133 (*Здобувачем проведено аналіз підходів до опису кінетики хімічних реакцій*)

36. Medvedevskikh Yu. G. The method of routes and kinetic models / Yu. G. Medvedevskikh, **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, A. A. Turovsky, G. E. Zaikov // Chapter of monography in book: “Basic Researches in Polymer and Monomer Chemistry”. – 2006. – Nova Science Publ., Inc. – ISBN 1–59454–909–5. – Ch. 7. – p. p. 71–107 (*Здобувачем проведено аналіз підходів до моделювання кінетики хімічних реакцій*)

#### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

37. **Киця А. Р.** Синтез наночастинок срібла за модифікованим методом Туркевича / **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк, Ю. М. Гринда, С. А. Корній // Зб. тез доповідей XIII наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 29 травня – 01 червня, 2011 р., м. Львів, Україна, с. НС2.

38. **Киця А. Р.** Наночастинки срібла як модифікатори тертя при захисті металів від трибокорозії / **А. Р. Киця**, В. М. Довгунік, В. А. Винар, С. А. Корній // Зб. тез доповідей XIII наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 29 травня – 01 червня, 2011 р., м. Львів, Україна, с. НС13.

39. **Kytsya A. R.** Synthesis of polymer-coated zinc phosphate nanoparticles as anticorrosion pigments / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, S. A. Korniy // Book of abstracts of the VII Polish– Ukrainian conference “Polymers of special applications”, 25 – 27 September, 2012, Radom–Święta Katarzyna, Poland, p. 43.

40. **Kytsya A. R.** Synthesis and anticorrosion activity of the zinc phosphate nanoparticles / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, I. M. Zin’, S. A. Korniy // Book of abstracts of the XIV International conference on physics and technology of thin films, 20–25 May, 2013, Ivano–Frankivsk, Ukraine, p. 223.

41. **Kytsya A. R.** Controlled synthesis of silver nanoparticles in aqueous solution / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, Yu. M. Hrynda, Yu. G. Medvedevskikh // Book of abstracts of the XIV International conference on physics and technology of thin films, 20–25 May, 2013, Ivano–Frankivsk, Ukraine, p. 176.

42. **Киця А. Р.** Синтез та модифікація наноструктурованих інгібувальних пігментів на основі фосфатів цинку для ґрунтувальних покриттів / **А. Р. Киця**, Л.І. Базиляк, С. А. Корній, О. Я Хлопик., І. М. Зінь // Зб. тез доповідей XIV наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 26 – 29 травня, 2013 р., м. Львів, Україна, с. НС10.

43. **Киця А. Р.** Кінетика і термодинаміка гомогенної нуклеації наночастинок срібла у водному середовищі / **А. Р. Киця**, Ю. М. Гринда, Л. І. Базиляк, Ю. Г. Медведєвських // Зб. тез доповідей XIV наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 26 – 29 травня, 2013 р., м. Львів, Україна, с. У67.

44. Гринда Ю. М. Вплив кінетичних параметрів реакції відновлення іонів срібла гідразином на розмір отримуваних наносфер / Ю. М. Гринда, **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк, Ю. Г. Медведєвських // Зб. тез доповідей V Всеукраїнської наукової конференції “Хімічні Каразінські читання”, 22–25 квітня, 2013 р., м. Харків, Україна, с. 34.

45. **Kytsya A. R.** Kinetics and thermodynamics of the silver nanoparticles homogeneous nucleation in aqueous solution / **A. R. Kytsya**, Yu. M. Hrynda, L. I. Bazylyak, Yu. G. Medvedevskikh // Book of abstracts of the International scientific–practice conference “Nanotechnologies & Nanomaterials NANO–2013”, 29 August – 01 September, 2013, Ivano–Frankivsk, Ukraine, p. 99.

46. **Киця А. Р.** Визначення розміру наночастинок срібла за спектрами поверхневого плазмонного резонансу їх водних золів / **А. Р. Киця**, О. В. Решетняк, Л. І. Базиляк, Ю. М. Гринда // Зб. тез доповідей VI Міжнародної наукової конференції “Сучасні проблеми фізичної хімії”, 09–12 вересня, 2013 р., м. Донецьк, Україна, с. 223.

47. Bazylyak L. I. Oxidative stability of nano Ag@Co alloys / L. I. Bazylyak, **A. R. Kytsya**, I. V. Koval’chuk, V. A. Vynar, O. B. Tkachuk // Book of abstracts of the XX International Conference on Physics and Chemistry of Solid, 12–15 September, 2015, Lviv, Ukraine, p. 55.

48. **Kytsya A.** Kinetic scheme of silver nanoparticles growth in aqueous solution / **A. Kytsya**, L. Bazylyak, Yu. Hrynda, A. Horechyu, I. Antonyshyn, Yu. Medvedevskikh // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference “Nanotechnology & Nanomaterials NANO–2014”, 27–30 August, 2014, Lviv, Ukraine. – 2014. – p. 214.



49. **Kytsya A. R.** AgCu nanoalloys as the fillers for poly(meth)acrylic electroconductive composites / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. I. Pobigun // Book of abstracts of the VIII Polish–Ukrainian Conference “Polymers of Special Applications”, 01–04 October, 2014, Ivano–Frankivsk, Ukraine, p. p. 12–13.

50. Гринда Ю. М. Кінетика і термодинаміка синтезу наночастинок срібла та міді у водних розчинах / Ю. М. Гринда, Л. І. Базиляк, **А. Р. Киця**, Ю. Г. Медведєвських // Зб. тез доповідей XV наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 24 – 27 травня, 2015 р., м. Львів, Україна, с. У21.

51. **Киця А. Р.** Кінетичні закономірності синтезу наночастинок нікелю / **А.Р. Киця**, Л. І. Базиляк, О. І. Побігун // Зб. тез доповідей XV наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 24–27 травня, 2015 р., м. Львів, Україна, с. Ф22.

52. **Kytsya A. R.** Synthesis of surface–free monodisperse copper nanoplates / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. I. Pobigun // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference “Nanotechnology & Nanomaterials NANO–2016”, 24–27 August, 2016, Lviv, Ukraine, p. 142.

53. Bazylyak L. I. Ag<sub>x</sub>Cu<sub>y</sub> bimetallic nanoparticles as the catalysts of initiated oxidation of cumene / L. I. Bazylyak, **A. R. Kytsya**, O. I. Pobigun, Y. O. Oreida // Зб. тез доповідей XV Українсько–Польського симпозіуму “Теоретичні та експериментальні дослідження міжфазних явищ та їх технологічні застосування” спільно з Другою конференцією “Nanobiomat nanostructured biocompatible / Bioactive materials”, 12–15 вересня, 2016, м. Львів, Україна, р. 5.

54. **Киця А. Р.** Магнітосепарабельний каталізатор рідкофазного окиснення кумолу / **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк, О. І. Побігун, Й. О. Опейда // Зб. тез доповідей Дев'ятої Української наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю “Хімічні проблеми сьогодення”, 29–30 березня, 2016 р., м. Вінниця, Україна, с. 143.

55. **Kytsya A. R.** Self-assembling metallic filler for electroconductive polymer films / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. I. Pobigun // Book of abstracts of the XVI International Conference dedicated to memory Professor Dmytro Freik “Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems”, 15 – 20 May, 2017, Ivano-Frankivsk, Ukraine, p. 231.

56. **Киця А. Р.** Автокаталітична модель формування наночастинок металів за умов їх гомогенної нуклеації / **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк // Зб. тез доповідей XVI наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 28–31 травня, 2017 р., м. Львів, Україна, с. У40.

57. Л. Базиляк Синтез наночастинок нікелю як наповнювача для електропровідних композицій / Л. Базиляк, О. Побігун-Галайська, **А. Киця** // Зб. тез доповідей XVI наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 28 – 31 травня, 2017 р., м. Львів, Україна, С. У5.

58. Zavaliiy I. Yu. Influence of nanoadditives on hydrogenation properties of R–Mg–Ni–based composites / I. Yu. Zavaliiy, Yu. V. Verbovytskyu, **A. R. Kytsya**, P. Yu. Zavaliiy, P. Ya. Lyutyu // Book of abstracts of the Ukrainian Conference with International Participation “Chemistry, physics and technology of surface” and Workshop “Nanostructured biocompatible / bioactive materials”, 18 – 21 May, 2017, Kyjiv, Ukraine, p. 175.

59. **Kytsya A. R.** Synthesis and catalytic properties of Ni<sub>x</sub>Cu bimetallic nanoparticles / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. I. Pobigun-Halayska // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2017”, 23 – 26 August, Chernivtsi, 2017, Ukraine, p. 117.

60. Zavaliiy I. Yu. Hydrogenation properties of nanopowders of transition metals and alloys / I. Yu. Zavaliiy, Yu. V. Verbovytskyu, **A. R. Kytsya**, V. V. Berezovets, P. Yu. Zavaliiy, P. Ya. Lyutyu // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials NANO – 2017”, 23–26 August, 2017, Chernivtsi, Ukraine, p. 367.

61. Opeida I. A. Catalysis of the liquid phase aerobic radical chain oxidation of cumene by silver nanoparticles / I. A. Opeida, **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. I. Pobigun–Halayska // Book of abstracts of the II Symposium “Modern Problems of Nanocatalysis NANOCAT–2017”, 24 – 29 September, 2017, Kyiv, Ukraine, p. 4.

62. Мазур А. Електрохімічне одержання колоїдних розчинів наночастинок срібла стабілізованих поліакрилатом / А. Мазур, Г. Зозуля, **А. Киця**, М. Мандич, Ю. Леськів, О. Бондаренко // Зб. тез доповідей VIII Українського з'їзду з електрохімії та VI Науково–практичного семінару студентів, аспірантів і молодих вчених “Прикладні аспекти електрохімічного аналізу”, 04–07 червня, 2018 р., м. Львів, Україна, с. с. 106 – 108.

63. Кунтий О. Електрохімічний синтез “розчинів” наночастинок срібла, стабілізованих синтетичними та природними ПАР / О. Кунтий, **А. Киця**, О. Карпенко, А. Мазур // Зб. тез доповідей VIII Українського з'їзду з електрохімії та VI Науково–практичного семінару студентів, аспірантів і молодих вчених “Прикладні аспекти електрохімічного аналізу”, 04–07 червня, 2018 р., м. Львів, Україна, с. с. 402 – 404.

64. Bazylyak L. I. Green synthesis and antimicrobial activity of silver nanoparticles / L. I. Bazylyak, **A. R. Kytsya**, T. Ya. Pokynbroda, O. V. Karpenko // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference: “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2018”, 27–30 August, 2018, Kyiv, Ukraine, p. 83

65. Kuntiyi O. I. Electrochemical synthesis of silver nanoparticles using surfactants of glycolipid nature / O. I. Kuntiyi, **A. R. Kytsya**, O. V. Karpenko, G. I. Zozula, A. S. Mazur // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference: “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2018”, 27–30 August, 2018, Kyiv, Ukraine, p. 89.

66. **Киця А. Р.** Спектрофотометричне дослідження комплексів “нікель–гідразин” в розчинах етиленгліколю / **А. Р. Киця**, О. І. Побігун–Галайська, Л. І. Базиляк // Збірник тез доповідей II Міжнародної (XII Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених “Хімічні проблеми сьогодення. ХПС–2019”, 19–21 березня, 2019 р., м. Вінниця, Україна, с. 136.

67. **Kytsya A. R.** Synthesis of Ni@Ag bimetallic nanostructures as the fillers for electroconductive composites / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. I. Pobigun–Halaiska // Book of abstracts of the XVII International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN–XVII), 20–25 May, 2019, Ivano–Frankivsk, Ukraine, p. 205.

68. Базиляк Л. І. Особливості контактного осадження срібла наночастинками нікелю / Л. І. Базиляк, **А. Р. Киця**, О. І. Побігун–Галайська // Збірник тез доповідей XVII наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 02–05 червня, 2019 р., м. Львів, Україна, с. М4.

69. Бондаренко О. Синтез наночастинок срібла методом катодного контактного тліючого розряду в розчинах полівінілпіролідону / О. Бондаренко, А. Мазур, Ю. Леськів, **А. Киця**, О. Кунтий // Збірник тез доповідей XVII наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 02–05 червня, 2019 р., м. Львів, Україна, с. У19.

70. Kuntiyi O. I. Synthesis of silver nanoparticles by contact glow discharge electrolysis in sodium polyacrylate (NAPA) solutions / O. I. Kuntiyi, **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, A. Bondarenko, A. S. Mazur, N. I. Koretska, A. M. Zayarnyuk // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference: “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2019”, 27–30 August, 2019 p., Lviv, Ukraine, p. 51.

71. Zavaliy I. Yu. Electrochemical hydrogenation of Ni nanopowders / I. Yu. Zavaliy, **A. R. Kytsya**, Yu. V. Verbovytskyy, P. Ya. Luytyy // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference: “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2019”, 27–30 August, 2019 p., Lviv, Ukraine, p. 89.

72. Zavaliy I. Yu. Hydrogenation properties of Ni–based nanopowders and MH–nano–Ni composite materials / I. Yu. Zavaliy, **A. R. Kytsya**, Yu. V. Verbovytskyy, P. Yu. Zavaliy, Yu. O. Kulyk, V. V. Berezovets, P. Ya. Luytyy // Book of abstracts of the XIV International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds (XIV IMC), 22–26 September, 2019 p., Lviv, Ukraine, p. O15.

73. **Kytsya A. R.** Gram-scale synthesis of Ni–based mono– and bimetallic nanopowders / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, Yu. V. Verbovytskyy, I. Yu. Zavaliy // Book of abstracts of the 6th International conference “HighMathTech–2019”, 28–30 October, 2019, Kyiv, Ukraine, p. 110.

74. **Kytsya A. R.** Quantum-chemical simulation of the Ag<sub>4</sub> cluster formation / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, O. M. Pasternak // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference: “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2020”, 26–29 August, 2020 p., Lviv, Ukraine, p. 98.

75. **Kytsya A. R.** Synthesis, structure and hydrogenation properties of Ni-Cu bimetallic nanoparticles / **A. R. Kytsya**, L. I. Bazylyak, I. Yu. Zavaliy, Yu. V. Verbovytskyy, P. Yu. Zavaliy // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference: “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2020”, 26–29 August, 2020 p., Lviv, Ukraine, p. 119.

76. Bazylyak L. I. The rhamnolipid biocomplex as green reductant for synthesis of silver nanoparticles / L. I. Bazylyak, **A. R. Kytsya**, O. V. Karpenko, A. M. Prokopalo, T. Ya. Pokynbroda, A. S. Mazur, O. I. Kuntiyi // Book of abstracts of the 1<sup>st</sup> International Research and Practice Conference “Nanoobjects & Nanostructuring (N&N–2020)”, 20–23 September, 2020, Lviv, Ukraine, p. 32.

77. **Kytsya A. R.** Ni-based nanopowders as catalysts of NaBH<sub>4</sub> hydrolysis / **A. R. Kytsya**, V. V. Berezovets, L. I. Bazylyak, Yu. V. Verbovytskyy, O. V. Kos // Book of abstracts of the 1<sup>st</sup> International Research and Practice Conference “Nanoobjects & Nanostructuring (N&N–2020)”, 20–23 September, 2020, Lviv, Ukraine, p. 33.

78. Bazylyak L. I. Kinetic and spectroscopic studies of nickel nanoparticles formation / L. I. Bazylyak, **A. R. Kytsya**, V. V. Dozhdzhanyk, I. Ye. Marchuk, T. M. Zasadnyy, A. O. Fedorchuk // Book of abstracts of the 1<sup>st</sup> International Research and Practice Conference “Nanoobjects & Nanostructuring (N&N–2020)”, 20–23 September, 2020, Lviv, Ukraine, p. 53.

79. Базиляк Л. І. Синтез колоїдних розчинів наночастинок срібла і міді та дослідження їхньої антимікробної активності / Л. І. Базиляк, **А. Р. Киця**, І. Є. Балашова, Т. Я. Покин'брода, В. М. Лисяк, О. В. Карпенко // Збірник тез доповідей XVIII наукової конференції “Львівські хімічні читання”, 31 травня – 02 червня, 2021 р., м. Львів, Україна, с. М2.

80. Opeida Y. O. Kinetics and mechanism of green synthesis of silver nanoparticles using the rhamnolipid of natural origin / Y. O. Opeida, L. I. Bazylyak, **A. R. Kytsya**, T. Pokyn'broda, O. V. Karpenko // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference: “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2021”, 25–28 August, 2021 p., Lviv, Ukraine, p. 118.

81. **Kytsya A. R.** Kinetics of formation of Ni-Co bimetallic nanoparticles / **A. R. Kytsya**, I. Yu. Zavaliy, L. I. Bazylyak, P. Ya. Lytyu // Book of abstracts of the International Research and Practice Conference: “Nanotechnology and Nanomaterials NANO–2021”, 25–28 August, 2021 p., Lviv, Ukraine, p. 189.

**Наукові публікації, які додатково відображають результати дисертаційної роботи:**

82. Патент № 78529 на корисну модель / Спосіб отримання нанорозмірного фосфату цинку // В. І. Похмурський, **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк, І. М. Зінь, С. А. Корній, Ю. М. Гринда; опубл.: 25. 03. 2013. – Бюл. № 6. (*Здобувачем проаналізований вплив ПАР на властивості наночастинок фосфату цинку*).

83. Патент № 85539 на корисну модель / Спосіб визначення розміру наночастинок срібла // **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк, О. В. Решетняк, Ю. М. Гринда, Т. В. Чайківський; опубл.: 25. 11. 2013. – Бюл. № 22. (*Здобувачем встановлені кореляції між розміром AgNPs та характеристиками спектрів поглинання їх розчинів*).

84. Патент № 132978 на корисну модель / Спосіб одержання колоїдних розчинів стабілізованих наночастинок срібла // О. І. Кунтий, Г. І. Зозуля, І. П. Мерцало, А. С. Мазур, **А. Р. Киця**, О. В. Карпенко, Т. Я. Покин'брода, О. М. Шульга, Н. С. Щеглова, Р. І. Вільданова; опубл.: 25. 03. 2019. – Бюл. № 6. (*Здобувачем проведений аналіз закономірностей формування наночастинок срібла в розчинах біоПАР*).

85. Патент № 142652 на корисну модель / Спосіб одержання колоїдних розчинів наночастинок срібла // О. І. Кунтий, А. Б. Бондаренко, А. Б. Мазур, Г. І. Зозуля, І. П. Мерцало, **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк, О. В. Карпенко; опубл.: 25. 06. 2020. – Бюл. № 12. (*Здобувачем проведений аналіз закономірностей електрохімічного синтезу наночастинок срібла в розчинах ПАР*).

86. Патент № 147084 на корисну модель / Спосіб одержання стабілізованих розчинів наночастинок срібла // Зозуля Г. І., Мних Р. В., Созанський М. А., Кунтий О. І., **Киця А. Р.**, Базиляк Л. І.; опубл.: 07. 04. 2021. – Бюл. № 14 (*Здобувачем проведений аналіз закономірностей електрохімічного синтезу наночастинок срібла в розчинах ПАР*).

87. Pokhmurs'kyi V. I. Silver nanoparticles as friction modifiers in steel–steel friction couples / V. I. Pokhmurs'kyi, V. M. Dovhunya, **A. R. Kytsya** // Mater. Sci. – 2013. – Vol. 48. – Iss. 6. – p. p. 743–746 (*Здобувачем синтезовано AgNPs та підготовлені мастильні композиції*) (SCOPUS Q3).

<https://doi.org/10.1007/s11003-013-9563-9>

88. Pokhmurs'kyi V. I. Influence of silver nanoparticles added to lubricating oil on the tribological behavior of combined metal-oxide ceramic layers / V. I. Pokhmurs'kyi, V. M. Dovhunya, M. M. Student, M. D. Klapkiv, V. M. Posuvailo, **A. R. Kytsya** // Mater. Sci – 2013. – Vol. 48. – Iss. 5. – p. p. 636–641 (*Здобувачем синтезовано AgNPs та підготовлені мастильні композиції*) (SCOPUS Q3).

<https://doi.org/10.1007/s11003-013-9548-8>

89. Student M. M. Tribological properties of combined metaloxide–ceramic layers on light alloys / M. M. Student, V. M. Dovhunya, M. D. Klapkiv, V. M. Posuvailo, V. V. Shmyrko, **A. R. Kytsya** // Mater. Sci. – 2012. – vol. 48. – iss. 2. – p. p. 180–190 (*Здобувачем проведено квантово–хімічний аналіз механізму формування захисного шару на основі заліза, міді та гліцерину на контактних поверхнях тертя*) (SCOPUS Q3).

<https://doi.org/10.1007/s11003-012-9489-7>

90. **Kytsya A.** Tribocorrosion of steel–steel couples in the presence of silver nanoparticles / **A. Kytsya**, V. Vynar, C. Vasyliv, L. Bazylyak, R. Gushchak // MOTROL. – 2017. – vol. 19. – iss. 2. – p. p. 15–19. (*Здобувач синтезував AgNPs та брав участь в обговоренні результатів*).

91. **Киця А. Р.** Кінетика дифузійно–контрольованої нуклеації ультрадисперсних частинок міді у водному середовищі / **А. Р. Киця**, Л. І. Базиляк, Ю. М. Гринда, Ю. Г. Медведевських // Праці НТШ. Хім. науки. – 2014. – т. XL. – с. с. 44–50 (Здобувачем проведений аналіз кінетики формування ультрадисперсних частинок міді у водному середовищі).

92. Киця А. Р. Спектри екстинкції водних золів наночастинок срібла як характеристика їх розміру та полідисперсності / А. Р. Киця, О. В. Решетняк, Л. І. Базиляк, Ю. М. Гринда // Ж. Нано- Електрон. Фіз. – 2013. – т. 5. – № 2. – С. 04064 (4 с.). (Здобувачем проведений аналіз оптичних характеристик  $AgNPs$ )

93. **Киця А. Р.** Кінетичні особливості синтезу наночастинок срібла у водному середовищі / **А. Р. Киця**, Ю. М. Гринда, Ю. Г. Медведевських // Праці НТШ. Хім. науки. – 2013. – т. XXXIII – с. с. 60–66 (Здобувачем встановлено залежність розміру наночастинок срібла від швидкостей їх зародження та росту).

94. **Киця А.** Вплив нанорозмірних фосфатів на трибокорозійну та трибологічну поведінку сталевих пар / **А. Киця**, В. Винар, І. Ковальчук, Л. Базиляк // “Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів” / Спец. випуск журналу “Фізико–хімічна механіка матеріалів”. – № 11. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України. – 2016. – с. с. 36–39 (Здобувачем синтезовані наночастинки фосфатів цинку і магнію).

95. **Киця А.** Синтез стійких до окиснення біметалевих нанопорошків  $Cu_xAg_{1-x}$  / **А. Киця**, І. Ковальчук, Л. Базиляк, В. Винар, С. Корній // “Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів” / Спец. випуск журналу “Фізико–хімічна механіка матеріалів”. – № 12. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України. – 2018. – с. с. 159–162 (Здобувачем синтезовані наночастинки  $Cu_xAg_{1-x}$ ).

96. Винар В. А. Вплив наночастинок міді на фрикційну взаємодію сталевих поверхонь у середовищі індустриального мастила / В. А. Винар, Л. І. Базиляк, І. В. Ковальчук, **А. Р. Киця** // Матеріали XIII міжнародної науково-технічної конференції “АВІА-2017”, 19–21 квітня, 2017 р., м. Київ, с. с. 19.20–19.23. (Здобувачем синтезовані наночастинки  $Cu$  і  $Cu_2O$ )

97. **Киця А. Р.** Синтез наночастинок срібла та визначення їхнього розміру і полідисперсності за спектрами поверхневого плазмонного резонансу / **А. Р. Киця**,

Л. І. Базиляк, Л. М. Бойчишин, Ю. М. Гринда, О. В. Решетняк // Навчально-методичний посібник [для студентів V курсу хімічного факультету, освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”] / Львів: Малий видавничий центр хімічного та фізичного факультетів ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 64 с. (*Здобувачем оптимізовані методи синтезу AgNPs для виконання лабораторних робіт*).

3. Дисертаційна робота к. х. н., ст. д. Киці Андрія Романовича “Кінетика формування Ag-, Cu- та Ni-вмісних наночастинок у розчинах”, 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;
- хімічна термодинаміка й фазові рівноваги в хімічних системах;
- взаємозв’язок хімічної будови речовин з їх реакційною здатністю;
- елементарні акти механізмів динаміки хімічних процесів.

4. Дисертаційна робота к. х. н., ст. д. Киці Андрія Романовича “Кінетика формування Ag-, Cu- та Ni-вмісних наночастинок у розчинах” є завершеним науковим дослідженням в галузі хімії (фізичної та нанохімії), яке вирішує важливу наукову проблему розвитку наукових основ контрольованого синтезу наночастинок металів в розчинах за умов їх гомогенної та гетерогенної нуклеації шляхом встановлення кінетичних закономірностей перебігу реакцій, що супроводжують процес хімічного відновлення іонів металів та визначають взаємозв’язок між умовами синтезу та структурою отримуваних наноматеріалів. Робота має істотне значення для розвитку фізичної хімії, а також суміжних галузей – неорганічної хімії, нанохімії 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.

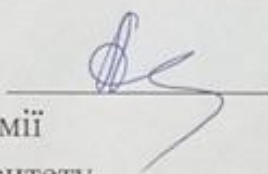


5. Рекомендувати дисертаційну роботу завідувача відділу хімії окислювальних процесів Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвінека НАН України, к. х. н., ст. д. **Киці Андрія Романовича** “Кінетика формування Ag-, Cu- та Ni-вмісних наночастинок у розчинах” до подання на спеціалізовану вчену раду за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія.

« 14 » листопада 2022 року

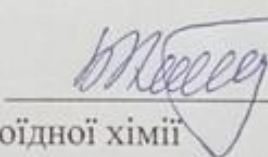
**Рецензенти:**

Головний науковий співробітник  
кафедри фізичної та колоїдної хімії  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка,  
доктор хімічних наук, професор



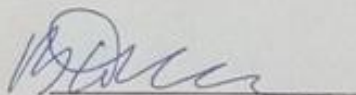
Олена АКСІМЕНТЬЄВА

Професор кафедри неорганічної хімії  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка,  
доктор хімічних наук, професор



Богдан КОТУР

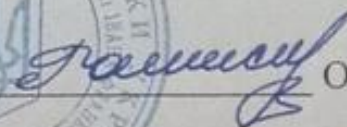
Професор кафедри фізичної та колоїдної хімії  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка,  
доктор хімічних наук, доцент



Володимир ДУТКА

**Власноручні підписи професора Олени Аксіментьєвої, професора Богдана Котура та професора Володимира Дутки підтверджую.**

Вчений секретар  
Львівського національного  
університету імені Івана Франка,  
кандидат філологічних наук, доцент

Ольга ГРАБОВЕЦЬКА