

РІШЕННЯ ЩОДО ПРИСУДЖЕННЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ КАНДИДАТА НАУК

Спеціалізована вчена рада Д 35.051.10 Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України (м. Львів) прийняла рішення щодо присудження наукового ступеня кандидата хімічних наук Горбенко Юлії Юріївні на підставі прилюдного захисту дисертації “Гібридні наноструктури на основі поліаренів та оксидних, карбонових і силіцієвих кластерів” у вигляді рукопису за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія 03 березня 2021 року, протокол № 9/3.

Горбенко Юлія Юріївна, 1988 року народження, громадянка України, освіта вища: закінчила магістратуру Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України у 2010 році за спеціальністю “Біохімія”.

Працює на посаді наукового співробітника кафедри фізичної та колоїдної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України з лютого 2018 р. до теперішнього часу.

Дисертація виконана у Львівському національному університеті імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: Аксіментьєва Олена Ігорівна, доктор хімічних наук, професор, головний науковий співробітник кафедри фізичної та колоїдної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України.

За темою дисертації опубліковано робіт – 51, з них монографій – 0, статей – 16, з них у журналах – 15 та збірниках – 1, авторських свідоцтв (патентів) – 7, тез доповідей – 27, в тому числі:

1. Aksimentyeva O. I. Modification of polymer-magnetic nanoparticles by luminescent and conducting substances / O. I. Aksimentyeva, V. P. Savchyn, V. P. Dyakonov, S. Piechota, Yu. Yu. Horbenko, I. Ye. Orainych, P. Yu. Demchenko, A. Popov, H. Szymczak // Mol. Cryst. Liq. Cryst. – 2014. – Vol. 590. – P. 35–42. doi: 10.1080/15421406.2013.873646.

2. Olenych I. B. Sensory properties of hybrid composites based on poly(3,4-ethylenedioxythiophene) – porous silicon – carbon nanotubes / I. B. Olenych, O. I. Aksimentyeva, L. S. Monastyrskii, Yu. Yu. Horbenko, L. I. Yarytska // *Nanoscale Res. Lett.* – 2015. – 10:187. doi: 10.1186/s11671-015-0896-1.
3. Savchyn V. P. Cathodoluminescence characterization of polystyrene-BaZrO₃ hybrid composites / V. P. Savchyn, A. I. Popov, O. I. Aksimentyeva, H. Klym, Yu. Yu. Horbenko, V. Serga, A. Moskina, I. Karbovnyk // *Low Temp. Phys.* – 2016. – Vol. 42, Iss. 7. – P. 597–600. doi:10.1063/1.4959020.

Офіційні опоненти:

•доктор хімічних наук, доцент, професор кафедри фізичної, аналітичної та загальної хімії Інституту хімії та хімічних технологій НУ “Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України, м. Львів, **Макота Оксана**

Іванівна дала позитивний відгук із зауваженнями:

1. Загальним зауваженням до роботи є її насиченість багатьма об'єктами дослідження, як полімерів, так і кластерів різної будови і хімічного складу. Вибір такого широкого кола речовин вимагає додаткової мотивації.
2. В методичній частині наведено структурні характеристики і фазовий склад нанокластерів барій цирконату, використаних для досліджень. При цьому виявлено, що матеріал містить карбонат барію. З роботи незрозуміло, чи впливають ці домішки на випромінювальні характеристики отриманих композитів.
3. В розділі 3 описано метод формування гібридних композитів одночасно з трьома функціями – магнітною, випромінювальною і електропровідною. Проте не зазначено, чим контролювали товщину хімічно осадженого шару електропровідного полімеру на поверхню нанокapsул магнетиту, чи мало це вплив на магнітну сприйнятливність композитів?
4. Не зовсім логічним і вимагає додаткового пояснення встановлений дисертанткою факт, що включення карбонових нанотрубок у провідні полімери

спричиняє поліпшення параметрів перенесення заряду і одночасно – збільшення енергія активації провідності порівняно з вихідними полімерами.

5. Отримані в дисертації результати свідчать про можливість використання отриманих гібридних структур як чутливих елементів в резистивних та оптичних сенсорних пристроях. Натомість експлуатаційні характеристики таких сенсорів (реверсивність, стабільність, ресурс роботи та ін.) висвітлені недостатньо.

•кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник відділу вільних радикалів Інституту фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського Національної академії наук України, м. Київ, **Курись Ярослав Іванович** дав позитивний відгук із зауваженнями:

1. Яким чином на основі енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії показано, що хімічний склад неорганічного компонента відповідає стехіометричній формулі $BaZrO_3$ і $BaCO_3$ (стор. 72)? На мій погляд, з наведеного профілю розподілу елементів (рис. 3.16) такий висновок є неможливим.

2. Зроблений у роботі висновок про те, що «введення ферумвмісної сполуки на стадії синтезу суттєво змінює кристалічну структуру полімерів поліанілінового ряду» (стор. 58) не є очевидним на основі наведених даних рентгенофазового аналізу. У випадку ПоА такі зміни не викликають сумнівів. Однак різниця в дифрактограмах для ПоТ та ПоТ/ $FeCl_3$ практично відсутня, а дифрактограма ПАН (ступінь кристалічності якого може змінюватися в широких межах) в роботі не приведена, що унеможлиблює порівняння з ПАН/ $FeCl_3$.

3. Відомо, що в ІЧ-спектрі ГО наявні інтенсивні характеристичні смуги поглинання, які пов'язані з присутніми в його структурі кисеньвмісними групами різної природи (карбонільними, карбоксильними, гідроксильними та ін.). Такі смуги повинні були б присутніми і в спектрі ПК/ГО, зокрема, в області $1300-1730\text{ см}^{-1}$ (можливо з перерозподілом інтенсивностей та зміщенням положення внаслідок взаємодії ГО з ПК). Чим пояснити практичну

відсутність даних смуг, за винятком смуги С-О при 1100 см^{-1} , в спектрі ПК/ГО (рис. 4.11)?

4. Гібридну плівку ПЕДОТ/ГО в роботі отримували шляхом електрохімічної полімеризації відповідного мономеру в присутності дисперсії ГО за умов сканування потенціалу в області $-0,5\div 1,3\text{ В}$ (рис. 4.16). Однак при потенціалах $-0,4\div -0,5\text{ В}$ (відн. Ag/AgCl) можливе часткове необоротне відновлення ГО. Тобто в результаті електрохімічного синтезу за даних умов може бути одержана плівка не ПЕДОТ/ГО, а ПЕДОТ/вГО (хоча із невисоким ступенем відновлення графен оксиду). Для підтвердження відсутності необоротного часткового відновлення ГО необхідно було б провести дослідження методом циклічної вольтамперометрії нанесеної на електрод плівки ГО, використовуючи той самий електроліт (за відсутності мономеру) та область розгортки потенціалу.

5. Кристалічна структура ПАН та композиту ПАН з ВНТ змінюється після дії на такі матеріали аміаку (зокрема, збільшується ступінь кристалічності) і залишається незмінною після термообробки для видалення NH_3 (розділ 5.1). В такому разі сенсорні властивості зазначених матеріалів повинні також дещо змінюватися при повторному використанні. Чи спостерігався даний ефект? Якщо ні – це потребує пояснень, а якщо так – відображення в тексті дисертації.

6. В роботі констатується як відомий факт, що «поліанілін, легований хлоридною кислотою, є дуже чутливим до вмісту вологи і його електропровідність значно підвищується у вологому середовищі» (стор. 120). В той же час, представлена на рис. 5.12 залежність питомого опору від вологості навпаки свідчить про значне зниження електропровідності полімеру при вологості $> 70\%$.

7. Характер спектру оптичного поглинання ПАН/Р-2.1 (рис. 5.13) вказує на те, що полімер у складі композиту займає проміжний стан між основою та сіллю емеральдіну, тобто ступінь допування ПАН є набагато меншим ніж 50% . ІЧ спектр такого композиту також не дозволяє однозначно віднести ПАН до солі емеральдіну через відсутність характеристичної інтенсивної смуги при ~ 1140

см⁻¹, що є «маркером» допованого ПАН. Тобто ефективний оптичний сенсорний відгук такого композиту на пари хлороводню обумовлений в більшому ступені допуванням полімеру під час його витримки в HCl, а не збільшенням площі контакту сенсорного середовища з аналітом та властивостями поверхні модифікатора. Це також відноситься і до отриманого хімічною полімеризацією ПоТ, який, відповідно до рис. 5.17, є недопованим або слабодопованим і саме цим, а не меншим ступенем окиснення полімерного ланцюга, відрізняється від електрохімічно осадженого полімеру.

8. Зауваження щодо оформлення роботи. З 1 жовтня 2019 р. набув чинності національний стандарт України «ДСТУ 2439:2018 Хімічні елементи та прості речовини. Терміни та визначення основних понять, назви й символи», який, зокрема, унормовує українські назви хімічних елементів для застосування у науці, освіті та промисловості. Відповідно до зазначеного стандарту хімічним елементам повернули назви, які довгі роки були традиційними в українській мові, наприклад «азот», «водень», «вуглець», «залізо», «кисень», «кремній». У зв'язку з цим, використання у роботі таких назв елементів як «Карбон», «Ферум», «Силіцій» та ін. є недоречним. Текст дисертації викладено гарною науковою мовою, але зустрічаються нечисленні друкарські та стилістичні помилки. Не варто також поряд з загальноприйнятим терміном «спряжені полімери» використовувати «кон'юговані полімери», що є іншомовним аналогом і не є традиційним в українській мові. З тієї ж причини невдалими, на мій погляд, є терміни «ЕПР спектр», «ЕПР спектроскопія», які, до речі, використовуються у роботі разом з правильними «спектр ЕПР», «спектроскопія ЕПР», а також «Х-променева», який варто замінити на «рентгенівська».

На автореферат та дисертацію надійшло 10 відгуків:

1. Відгук за підписом завідувач кафедри органічної хімії Національного університету “Львівська політехніка”, д. х. н., проф. **Воронова С. А.** і професора кафедри органічної хімії Національного університету “Львівська політехніка”, д.х.н., проф. **Будішевської О. Г.**

Відгук позитивний з такими зауваженнями:

1. На стор. 8 автореферату вказано, що модифікація КЛ спектру композитів зумовлена змінами субструктури нанокристалів під дією ПС (полістирену) через взаємодію залишкових $R^{\cdot}R^{\cdot}C=O$ груп з наночастинками $BaZrO_3$, хоча у ПС карбонільних груп немає. Бажано дати пояснення.
2. На деяких рисунках шрифт дуже дрібний, а також інколи наводиться скорочення (аббревіатура) без вказування при першому використанні у тексті – яка це речовина (ПФА, ТСК, ГО, ПоТ), що утруднює сприйняття матеріалу.

2. Відгук за підписом завідувача кафедри хімії доцента кафедри хімії та наноматеріалознавства Навчально-наукового інституту природничих та аграрних наук Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького, д. х. н. проф. **Мінаєва Б. П.**

Відгук позитивний з такими зауваженнями:

1. Так провідні полімери стають більш цікавими для сенсорної оптоелектроніки. На жаль, автор не поділяє уваги розрахунку спектру C_{60} з урахуванням магнітних взаємодій [Minaev B. Intensity of singlet-triplet transitions in C_{60} fullerene calculated on the basis of the time-dependent density functional theory and taking into account the quadratic response. Optics and spectroscopy 2005, 98 (3), 336-340].
2. Завдяки чому поліарени дають стійкий ЕПР сигнал при 300 К з таким великим g-фактором 2.010 (в порівнянні з 2.0023)? Що не типово для органіки. Треба також мати пояснення, чому Fe-легований ПАТ дає ЕПР резонанс з g-фактором 4.09 (чому він властивий йону Fe(III)?
3. З автореферату не ясно, які теоретичні методи були використані при інтерпретації ІЧ, УФ і ЕПР спектрів молекул, полімерів та кластерів.
4. Зміна структури нанокристалів $BaZrO_3$ в полістирені пояснена ІЧ спектрами з посиланням на наявність карбонільних груп (рис. 4, б). Але ІЧ спектр настільки невеликий, що не можна уявити, де там карбонільні групи (і чому

вони там)? Навіть за допомогою збільшувального скла я не побачив там частот C=O груп та інших характеристичних смуг.

5. Не обговорені процеси дисоціативної рекомбінації електронів і дірок, роль триплетних станів та вібронні ефекти УФ спектрів. Крім цього, бажано було б детальніше висвітлити методику визначення π - π^* та n- π переходів, g-факторів та надтонкої структури ЕПР спектрів.

6. Звертає на себе увагу і така обставина. Більшість робіт надрукована у 2013-2016 роках. Реферат 2021 року написаний грамотно з урахуванням нових тенденцій. Що заважало автору видати хоча б одну нову оглядову публікацію (крім стендових доповідей співавторів: Львів, 2019, 1 ст.)?

3. Відгук за підписом д. х. н., проф, завідувача хіміко-технологічного відділення Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України **Томашика В. М.**

Відгук позитивний з такими зауваженнями:

1. Авторіві слід було більш старанно відредагувати автореферат, оскільки в ньому зустрічаються русизми (“парів ДМФА”, с. 12; “парів хлороводню”, с. 20).

2. Крім того, на рисунках доцільно було цифри на координатах зробити більшими і не використовувати англomовні позначення на осях.

3. Варто було обмежити кількість тезів у списку літератури.

4. Відгук за підписом к. х. н., старшого дослідника, ст. наук. співроб. відділу хімії окислювальних процесів, ученого секретаря Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України **Базиляк Л. І.**

Відгук позитивний з такими зауваженнями:

1. На с. 6 автореферату дисертації автор стверджує, що «Характер впливу допанта у значній мірі залежить від типу полімерної матриці і може приводити як до утворення повністю аморфної гібридної структури (ПоА/FeCl₃), так і до формування острівків кристалічної фази та навіть появи нової фази (ПАН/FeCl₃).» Таке явище, встановлене автором, є досить цікавим, однак в

ззначеній інтерпретації є недостатньо зрозумілим - на що впливає, власне, сам допант? Імовірно, мається на увазі вплив природи полімерної матриці на характеристики утворюваних композитів, що і потрібно було вказати. Водночас, автору варто було б проілюструвати такий надзвичайно цікавий факт, як утворення нової фази в композиті ПАН/ FeCl_3 відповідними дифрактограмами; наголосити, що утвореною новою фазою є комплекс $[\text{ПАН}^+\text{FeCl}_4]$, а для економії місця в тексті автореферату можна було б об'єднати рис. 1 а і б в один. Крім того, на рисунках доцільно було цифри на координатах зробити більшими і не використовувати англомовні позначення на осях.

2. Шрифт на рис. 4 б та 5 є надто малий, що ускладнює їх сприйняття. Додатково, на рис. 4 б варто було б проілюструвати взаємодією $\text{R}'\text{R}''\text{C}=\text{O}$ груп з наночастинками BaZrO_3 (тобто зміну характеристик ІЧ-спектру) стрілочками.

5. Відгук за підписом завідувача відділу модифікації полімерів Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України, д. х. н., проф. **Рябова С. В.**

Відгук позитивний з такими зауваженнями:

1. с. 1 і далі “спектральні властивості” – що мається на увазі?
2. с. 2 й далі “електронні властивості” – поняття вельми широке, бажано уточнити, про які саме характеристики йдеться.
3. с. 3. У переліку методів дослідження “циклічна вольтамперометрія, вольтамперні характеристики” – це два окремих методи? Строго кажучи, вольтамперні характеристики є не методом, а результатом певних вимірювань.

6. Відгук за підписом к. х. н., доц. кафедри екології, географії та туризму Рівненського державного гуманітарного університету **Мартинюк Г. В.**

Відгук позитивний з такими зауваженнями:

1. Автореферат достатньо проілюстрований рисунками і мікрофотографіями, які дають уявлення про зміст дисертаційної роботи. Проте підписи до осей на рисунках та позначення фізичних величин наведені як українською, так і англійською мовами. З чим це пов'язане?

2. Дисертанткою зазначено (с. 12 автореферату), що збільшення концентрації NH_3 у вимірювальній камері приводить до зростання опору плівок ПЕДОТ і ПЕДОТ/КНТ. Але жодного пояснення цього факту не наведено.

7. Відгук за підписом професора кафедри товарознавства та експертизи у митній справі Львівського торговельно-економічного університету, д. т. н., проф. **Доманцевич Н. І.**

Відгук позитивний з такими зауваженнями:

1. Для більш ілюстративного викладення матеріалу в авторефераті слід було додати ІЧ спектроскопічні дослідження, що дало б змогу не тільки встановити зміни у полімерній матриці, але й більш чітко визначити перспективні напрямки майбутніх досліджень;

2. Показати зміни спектрів ЕПР у залежності від виду та концентрації наповнювача – ферумвмісних кластерів;

3. Доцільно було б конкретизувати концентраційні перколяційні характеристики та параметри радіусів захоплення носіїв при визначенні електропровідних властивостей модифікованих карбоновим наповнювачем полімерних матеріалів.

8. Відгук за підписом д. т. н., проф., завідувача кафедри загальнотехнічних дисциплін Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького **Ціжа Б. Р.**

Відгук позитивний без зауважень.

9. Відгук за підписом к. х. н., доц. кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького **Лут О. А.**

Відгук позитивний без зауважень.

10. Відгук за підписом доц. кафедри загальної хімії Тернопільського національного національного медичного університету ім. І. Я. Горбачевського МОЗ України, к. х. н. **Польового Д. О.**

Відгук позитивний без зауважень.

У дискусії взяли участь члени спеціалізованої вченої ради:

1. **Професор Обушак М. Д.**, професор, доктор хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія; зауваження:

Зрозуміло, що в зв'язку зі складністю і багатопрофільністю, тут ще є багато питань, над якими можна попрацювати. Але зрозуміло, що кожна робота є стартом для майбутніх досліджень, і ця, очевидно, не виняток.

2. **Професор Решетняк О. В.**, професор, доктор хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія; без зауважень.

3. **Професор Дутка В. С.**, доцент, доктор хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія; зауваження:

Мабуть, треба наголосити, що практичний аспект навіть в доповіді і у цих виступах залишився дещо в тіні.

4. **Професор Яремко З. М.**, професор, доктор хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія; зауваження:

Звичайно, що в нинішніх умовах, ми маємо такі тенденції до дослідження все менших і менших розмірних об'єктів. І я в цих дослідженнях хотів би, щоб здобувачі були більш коректними у використанні цієї термінології: “кластер”, ”нанокластер”, ”нанокристал”, ”структурний елемент“. Звичайно, що тут треба чітко визначити ці поняття, бо так воно трошки розмито виглядає, де “кластер”, а де ”нанокластер” і інше.

5. **Професор Каличак Я.М.**, професор, доктор хімічних наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія; без зауважень.

При проведенні таємного голосування виявилось, що із 12 членів

спеціалізованої вченої ради, які взяли участь у голосуванні (з них 6 докторів наук за профілем дисертації), проголосували:

«За» – 12 членів ради.

«Проти» – немає.

Недійсних бюлетенів – немає.

ВИСНОВОК

спеціалізованої вченої ради Д 35.051.10 Львівського національного університету імені Івана Франка про дисертаційну роботу Горбенко Юлії Юріївни на тему “Гібридні наноструктури на основі поліаренів та оксидних, карбонових і силіцієвих кластерів”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія.

Дисертаційна робота Горбенко Юлії Юріївни присвячена встановленню особливостей процесу формування, структури, електронних та сенсорних властивостей гібридних наноструктур на основі поліаренів різної будови та їхніх композитів з оксидними, карбоновими і силіцієвими кластерами. Наведені у роботі дані дають змогу запропонувати ефективні методи отримання органічно-неорганічних структур з модульованими електронними властивостями для застосування в електрооптичних і сенсорних пристроях для екологічних і біомедичних досліджень.

Дисертаційна робота виконана у Львівському національному університеті імені Івана Франка на кафедрі фізичної та колоїдної хімії і відповідає пріоритетному напрямку “Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентноспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави” Міністерства освіти і науки України в межах держбюджетних тем: “Механізм взаємодії компонентів, електронні та транспортні процеси у гібридних наносистемах полімер-напівпровідник” (2010–2011, 0109U002086), “Фізико-хімія гібридних наноструктур на основі спряжених полімерів,

карбонівих, магнітних нанокластерів та просторово-неоднорідних напівпровідників” (2012–2014, 0112U001294), “Гібридні наносистеми на основі кон’югованих полімерів та неорганічних напівпровідників з оптоелектронними і сенсорними властивостями” (2015–2017, 0115U003262), “Розроблення нових сенсорних середовищ для аналізу газів у харчовій і переробній промисловості” (2016–2017, 0116U004740), “Розроблення інтелектуальних сенсорних середовищ на основі спряжених полімерних систем для моніторингу стану довкілля” (2017–2018, 0117U001237), “Розроблення органо-неорганічних тонкоплівкових реверсивних структур для багатофункціональних газових сенсорів” (2018–2019, 0118U003496), “Механізм формування поліфункціональних наноматеріалів на основі спряжених полімерів та оксидних і карбонівих нанокластерів” (2018–2020, 0118U003613), “Вплив структурної організації напівпровідників органічної природи на люмінесцентні та фотоелектричні параметри приладів органічної електроніки” (2019–2020, 0119U100259), “Оптимізація процесів формування полімер-напівпровідникових структур для пристроїв моніторингу газових середовищ” (2020, 0120U102283), в яких здобувач була виконавцем та відповідальним виконавцем. Дослідження підтримані міжнародними грантами: Грант Польської Академії Наук № 507492438 для спільних досліджень в рамках співробітництва Україна-Польща, за програмою “Nauka o materiałach i Inżynieria materiałowa”, проект “Синтез, транспортні і магнітні властивості наноккомпозитів спряжених полімерів, легованих магнітними частинками” (01.03.2011–01.03.2013); Грант Німецького Федерального Міністерства з освіти і науки № 01DS13013 Project “POLYCON”: New materials and devices based on conducting polymers and their composites (01.10.2013–30.09.2014, 01.09.2015–30.01.2016) та Стипендією Кабінету Міністрів України для молодих вчених (10.2016–10.2018).

Основні наукові результати особисто отримані здобувачем:

Вперше реалізовано нові підходи до створення органо-неорганічних матеріалів з поліфункціональними властивостями шляхом використання електроактивних полімерних матриць та кластерів з просторово-неоднорідною

структурою. Вперше запропоновано метод поверхневої модифікації полімер-магнітних частинок люмінесцентними мітками та електропровідними оболонками.

Вперше виявлено вплив полімерної матриці полістирену на випромінювальні характеристики нанокристалів барій цирконату. Доведено, що зміна енергетичних характеристик спектрів випромінювання пов'язана зі змінами підструктури нанокристалів внаслідок взаємодії з матрицею полістирену.

Встановлено особливу спінову динаміку парамагнітних центрів у модельних наносистемах на основі поламінотіазолу і поліортоанізидину, легованих ферумвмісними сполуками, що виявляється у перерозподілі інтенсивності ЕПР спектрів зі зміною температури.

Показано, що карбонові нанокластери можуть впливати на структуру і електронні властивості провідних полімерів унаслідок розділення зарядів, делокалізації носіїв чи діяти як електропровідні домішки в гібридних наноструктурах. Модифікація поверхні поруватого кремнію графен оксидом (ГО) та відновленим ГО зумовлює зміну спектрів фотолюмінесценції та вольтамперних характеристик.

Виявлено, що введення нанокристалів поруватого кремнію в гібридні композити сприяє зростанню адсорбційної здатності та, відповідно, сенсорної чутливості наноструктур.

Оцінка достовірності і новизни результатів дисертаційної роботи:

Достовірність результатів експериментальних досліджень ґрунтується на кваліфікованому використанні сучасного обладнання з наступним опрацюванням даних з допомогою сучасного комп'ютерного забезпечення, що гарантує їхню достовірність і надійність. Сформульовані у дисертації висновки, зроблені на основі цих результатів, є логічними та науково обґрунтованими. Достовірність отриманих результатів не викликає сумнівів. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 10 статтях у наукових фахових виданнях, з них 7 – у міжнародних виданнях, що входять до наукометричної бази даних

Scopus, 1 розділі монографії у закордонному видавництві та тезах 27 доповідей на українських та міжнародних наукових конференціях.

За результатами перевірки на схожість тексту дисертації програмою UNICHECK фірми ТОВ «Антиплагіат» встановлено, що запозичень, використання ідей, наукових результатів і матеріалів інших авторів без належного посилання на першоджерело не виявлено.

Теоретичне та практичне значення роботи та рекомендації щодо використання отриманих результатів:

На основі отриманих результатів запропоновано і захищено 7 патентами України (2 на винахід) нові методи формування органо-неорганічних структур для застосування в сенсорних і електрооптичних пристроях. На модельних об'єктах показана можливість застосування спряжених полімерних систем, легованих ферумвмісними сполуками як парамагнітних зондів або люмінесцентних міток для розробки новітніх діагностичних методів у медицині і біології.

Основні технологічні прийоми отримання газочутливих плівок на основі органічних і неорганічних напівпровідників пройшли успішну апробацію в макетах оптичних сенсорів в НУ «Львівська політехніка», використовуються в ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького у розробці сенсорів свіжості продуктів тваринництва. Отримані наукові результати і розроблені методики використовуються у навчальному процесі при викладанні курсів «Електропровідні полімери», «Синтез і властивості полімерів і композитів» та для постановки нових лабораторних робіт.

За обсягом досліджень, новизною, практичною цінністю і науковим рівнем дисертаційна робота **Горбенко Юлії Юріївни** на тему **«Гібридні наноструктури на основі поліаренів та оксидних, карбонових і силіцієвих кластерів»** є завершеним у межах поставлених завдань науковим дослідженням, містить особисто отримані здобувачем науково обґрунтовані результати, які розв'язують завдання встановлення і обґрунтування нових, ефективних шляхів одержання поліфункціональних нанокompозитних

матеріалів, які поєднували б у собі декілька важливих функцій – магнітних, електричних, оптоелектронних, виявляли сенсорну чутливість, що має важливе значення у галузі фізичної хімії.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 02.00.04 – фізична хімія та вимогам пп. 9, 11 та 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року зі змінами № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016, № 943 від 20.11.2019, а також вимогам Міністерства освіти і науки України до кандидатських дисертацій, а її авторка, Горбенко Юлія Юріївна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія.

На підставі результатів таємного голосування та прийнятого висновку спеціалізована вчена рада присуджує Горбенко Юлії Юріївні науковий ступінь кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія.

Головуючий на засіданні
голова спеціалізованої вченої ради
Д 35.051.10, д.х.н., професор

Каличак Я.М.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 35.051.10, д.х.н.,
професор

Яремко З.М.

М.П. « _____ » _____ 2021 р.

Підписи проф. Каличака Я.М. та Яремка З.М. засвідчую.

Вчений секретар

ЛНУ ім. І.Франка, доцент

Грабовецька О.С.

Атестаційна справа зареєстрована у МОН України під № _____

Затверджено рішення спеціалізованої вченої ради про присудження наукового ступеня кандидата хімічних наук рішенням атестаційної колегії МОН України від «__» _____ 20__ року.

Видано диплом _____
(серія, номер)

Начальник відділу _____
(прізвище, ініціали)