



## ВИТЯГ

з протоколу № 3 спільного засідання відділу наноструктурних матеріалів ім. Ю.В. Малюкіна та Проблемної ради ІСМА «Фундаментальні процеси в люмінесцентних і сцинтиляційних матеріалах» від «05» липня 2024 року

**ПРИСУТНІ:** головуєчий на засіданні – завідувач відділу наноструктурних матеріалів ім. Ю.В. Малюкіна, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор Єфімова Світлана Леонідівна; член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук Сорокін Олександр Васильович; доктор фізико-математичних наук, професор Лисецький Лонгін Миколайович; доктор фізико-математичних наук Семінко Владислав Вікторович; доктор фізико-математичних наук Ващенко Ольга Валеріївна; науковий керівник, доктор технічних наук Беспалова Ірина Ігорівна; кандидат фізико-математичних наук Максимчук Павло Олегович; кандидат фізико-математичних наук Ропаківа Ірина Юріївна; кандидат фізико-математичних наук Вягін Олег Геннадійович; кандидат фізико-математичних наук Губенко Катерина Олександрівна; кандидат фізико-математичних наук Самойлов Олександр Миколайович; кандидат фізико-математичних наук Гранкіна Ірина Ігорівна; кандидат фізико-математичних наук Касян Наталя Олександрівна; кандидат хімічних наук Григорова Ганна Володимирівна; кандидат хімічних наук Боровий Ігор Анатолійович; кандидат хімічних наук Клочков Володимир Кирилович; кандидат біологічних наук Кавок Наталя Сергіївна; Асланов Андрій Валерійович; Пазюра Юлія Іванівна; Неугодов Євген Вікторович; Пісклова Поліна Валеріївна.

Серед присутніх 6 докторів фізико-математичних і технічних наук, 7 кандидатів фізико-математичних наук і 2 кандидатів хімічних наук – фахівці зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація.

## СЛУХАЛИ:

1. Результати дисертаційної роботи аспірантки Скрипник Тамари Володимирівни на тему: «Нанокристали неорганічних галогеновмісних перовськітів зі стабільним люмінесцентними та сцинтиляційними параметрами», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань

10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Науковий керівник – старший дослідник, доктор технічних наук, Беспалова Ірина Ігорівна.

Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України (протокол № 12 від 21.12.2020 р.). Уточнену редакцію теми дисертаційного дослідження затверджено на засіданні Вченої ради Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України (протокол № 4 від 18.03.2024 року).

2. Виступ здобувача.

3. Запитання до аспіранта по темі дисертації ставили: член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор Єфімова Світлана Леонідівна; доктор фізико-математичних наук Семінько Владислав Вікторович; кандидат фізико-математичних наук Максимчук Павло Олегович; кандидат хімічних наук Боровий Ігор Анатолійович; кандидат хімічних наук Клочков Володимир Кирилович.

4. Виступ наукового керівника.

5. В обговоренні дисертаційної роботи взяли участь: член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор Єфімова Світлана Леонідівна; кандидат фізико-математичних наук Максимчук Павло Олегович; доктор фізико-математичних наук Сорокін Олександр Васильович.

**УХВАЛИЛИ:**

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Скрипник Тамари Володимирівни на тему: «Нанокристали неорганічних галогеновмісних перовськітів зі стабільним люмінесцентними та сцинтиляційними параметрами», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.**

**Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Сучасний темп розвитку фотоніки, оптоелектроніки, фотовольтаїки, оптичних методів запису та обробки інформації нерозривно пов'язаний з люмінесцентними та сцинтиляційними наноматеріалами. Більше того,

наявний розвиток матеріалознавства у галузях оптичних систем та сучасні тенденції у створенні нових люмінесцентних та сцинтиляційних детекторів вимагають здешевлення процесу виробництва при його масштабуванні, у той же час з'являються більш жорсткі вимоги до сцинтиляторів, а саме до їх рівня світлового виходу та швидкості загасання сцинтиляції. Таким чином, на сьогодні дослідники прагнуть досягти часової роздільної здатності на рівні 10 пс, щоб отримати просторову роздільну здатність у міліметровому масштабі. Такий попит на високу роздільну здатність за часом у діапазоні 10 пс, можуть забезпечити сцинтилятори з високою світловіддачею, короткими часами наростання та часами загасання люмінесценції та сцинтиляції, а також за у мови реалізації сцинтиляційних механізмів формування швидкісних фотонів у результаті перехідних явищ та/або квантового обмеження, є актуальним у сучасних галузях фізики високих енергій.

Нещодавно було показано, що нанокристали галогенідних перовськітів (НКП) можуть бути матеріалом, який має потенціал відповідати всім зазначеним вимогам для сучасних сцинтиляторів. Відзначається, що саме унікальні оптичні властивості НКП складу  $\text{CsPbX}_3$  (де  $X = \text{Cl}, \text{Br}$  або  $\text{I}$ ), а також їх високий ефективний атомний номер ( $Z_{\text{eff}} = 62 \div 66$ ) дозволяють розглядати їх як сцинтиляційні матеріали для багатьох галузей люмінесцентної й сцинтиляційної техніки. Інтерес до НКП  $\text{CsPbX}_3$  також обумовлено і розвиненням методів синтезу, які дозволяють отримувати НКП як у вигляді порошків, так і у вигляді колоїдних розчинів. Також повністю неорганічні НКП  $\text{CsPbX}_3$  є одними з найбільш досліджених матеріалів через їх більшу стабільність порівняно з органіко-неорганічними гібридними перовськітами. Крім того, неорганічні НКП демонструють широкий ряд спектрів поглинання у діапазоні 380–700 нм, можливість налаштування ширини забороненої зони (1,7-3 eV), високий квантовий вихід фотолюмінесценції (>90%) і вузьку смугу випромінювання (12-42 нм). Унікальні властивості НКП  $\text{CsPbX}_3$  можуть сприяти спонтанній генерації великої кількості вільних електронів і дірок після фотопоглинання, що разом з багаторазовим ефектом поглинання-дифузії-випромінювання (фоторесайклінг) створює високі щільності збудження. Це дозволяє варіювати їх оптичні властивості у широкому спектральному діапазоні від 350 нм до 750 нм. Також було показано, що колоїдні розчини НКП  $\text{CsPbBr}_3$  мають інтенсивну рентгенлюмінесценцію та демонструють лінійну залежність сцинтиляційного відгуку у діапазоні напруги на рентгенівській трубці 20-60 кВ. Також, було показано, що є можливим виготовлення сцинтиляційного пристрою для надчутливого детектування рентгенівського випромінювання. У цьому пристрої використовуються НКП  $\text{CsPbBr}_3$  у формі тонкої плівки у полідиметилсилоксані для детектування рентгенівського випромінювання шляхом перетворення рентгенівських фотонів високої енергії у видиме випромінювання, яке легко виявляється фотопомножувачем. Було показано, що найменша потужність дози для виявлення рентгенівського випромінювання становить 13 нГр/с, яка приблизно в 420 разів нижче за дозу,

котра зазвичай використовується для рентгенівської діагностики (5,5 мкГр/с). Цей сцинтиляційний фотодетектор також демонструє швидкий відгук (час загасання сцинтиляції,  $\tau = 44,6$  нс) при збудженні імпульсними фотонами (661 кеВ) від портативного джерела  $^{137}\text{Cs}$ . Швидка відповідь на фотони рентгенівського випромінювання має вирішальне значення для ефективності сцинтиляції в медичній радіографії. Саме тому вивчення люмінесцентних та сцинтиляційних параметрів НКП та встановлення способів підвищення стабільності структури НКП, що забезпечить необхідні оптичні характеристики, є актуальним завданням сучасної фізики в галузі досліджень наноструктурованих матеріалів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**  
Дисертаційна робота виконана в рамках тем наукових досліджень:

- «Нові сцинтиляційні матеріали на основі перовскітних нанокристалів з інтенсивною фото- та радіолюмінесценцією» (шифр «Перовскіт», 2021 р, номер держреєстрації 0121U108473);
- «Створення багатофункціональних наноматеріалів з керованими властивостями для біомедичних та технічних застосувань» (шифр «Іморталь», 2022-2024 рр., номер держреєстрації 0122U002636);
- «ScintiPOF: development of scintillation materials based on perovskite-polymer optical fiber composites for high-precision radiation oncology» (№ 23/12, 2023-2024 рр.) у рамках міжнародного проєкта швейцарської федеральної лабораторії матеріалознавства та технології (Empa) й Кантональної лікарні Санкт Галлена (KSSG).
- Horizon Europe ERA Widening Project no. 101078960 “TWISMA”, 2023-2025.

### **Мета і завдання дослідження.**

Метою дисертаційної роботи є встановлення умов стабілізації структури нанокристалів галогенідних перовскітів  $\text{CsPbX}_3$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) у складі полімерних композиційних матеріалів, та визначення їх люмінесцентних та сцинтиляційних параметрів.

Основними завданнями:

1. Відпрацювати спосіб отримання нанокристалів галогенідних перовскітів складу  $\text{CsPbX}_3$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) методом переосадження у присутності лігандів.

2. Адаптувати методики введення нанокристалів галогенідних перовскітів у полімери: поліметилметакрилат, поліакрилат, поліуретанова смола, полідиметилсилоксан, полістирол; та визначити оптимальні концентрації нанокристалів у композиційних матеріалах.

3. Визначити особливості люмінесцентних властивостей отриманих композиційних матеріалів.

4. Оцінити ступень впливу зовнішніх чинників (температура та денне світло) на структурну стабільність нанокристалів перовскітів для збереження/поліпшення люмінесцентних параметрів полімерних композиційних матеріалів.

5. Визначити сцинтиляційні параметри композиційного матеріалу на основі нанокристалів перовскітів за умови варіювання структурних параметрів їх компонентів.

**Об'єкт дослідження.** Механізми стабілізації структури та покращення люмінесцентних й сцинтиляційних характеристик нанокристалів галогенідних перовскітів  $\text{CsPbX}_3$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) у складі полімерних композиційних матеріалів.

**Предмет дослідження.** Структурні, люмінесцентні та сцинтиляційні параметри нанокристалів галогенідних перовскітів  $\text{CsPbX}_3$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ).

**Методи дослідження.** При проведенні експериментальних досліджень було використано комплекс сучасних високотехнологічних методів. В якості основних методів дослідження в роботі використовувалися: спектрофотометрія (вимірювання спектрів поглинання); флуоресцентна спектроскопія та спектроскопія збудження флуоресценції (вимірювання спектрально-люмінесцентних характеристик); розділена у часі флуоресцентна спектроскопія (корельований у часі підрахунок одиночних фотонів, вимірювання кривих загасання люмінесценції), просвічуюча електронна мікроскопія (визначення розмірів та морфології зразків). Сцинтиляційні характеристики композиційних матеріалів визначались при рентгенівському опроміненні та опроміненні  $\alpha$ -частками.

**Наукова новизна дослідження:** полягає в тому, що в роботі вперше:

Визначено основні параметри та послідовність введення нанокристалів перовськітів складу  $\text{CsPbX}_3$  (де  $X = \text{Cl}, \text{Br}$ ) у полімери поліметилметакрилат, поліакрилат, поліуретанова смола, полідиметилсилоксан, полістирол та показано, що оптимальна концентрація нанокристалів перовськітів незалежно від аніонного складу знаходиться на рівні 0,01 мас %; виключенням є композиційний матеріал на основі поліметилметакрилату, де оптимальна концентрація нанокристалів становить 1,5-2 мас%.

Було встановлено, що толуол є більш прийнятним дисперсійним середовищем порівняно з хлороформом з точки зору кращої стабільності нанокристалів перовськітів, у якому нанокристалів стабільні понад 14 днів з максимумом люмінесценції на 510 нм, в той час як у хлороформних колоїдних розчинах нанокристалів люмінесценція зникає через 5 днів.

Оцінено стабільність люмінесцентних композиційних матеріалів на основі поліакрилата через порівняння інтенсивності фотолюмінесценції щойно виготовлених зразків та після витримування за різних зовнішніх умов. Показано, що температура має значний вплив на інтенсивність люмінесценції композиційних матеріалів, яка значно знижується вже через 30-36 годин. В той час як витримка зразків на відкритому повітрі не має значного впливу на інтенсивність люмінесценції композиційних матеріалів та зберігається більше ніж 20 днів.

Показано, що введення нанокристалів перовськітів до тонких поліметилметакрилату плівок приводить до значного скорочення часів загасання люмінесценції (для композиційного матеріалу з нанокристалами  $\text{CsPbBr}_3$  становить  $\tau_{\text{сер}} \sim 670$  пс, з нанокристалами  $\text{CsPbBrCl}_2$  і  $\text{CsPbCl}_3$  –  $\tau_{\text{сер}} \sim 230$  пс і 100 пс, відповідно).

Показано, що криві загасання сцинтиляцій для композиційного матеріалу на основі поліметилметакрилату та нанокристалів  $\text{CsPbBr}_3$  при апроксимуванні двома експонентами дають наступні значення:  $\tau_1 \sim 0,7$  нс (82%) і  $\tau_2 \sim 4,7$  нс (18%) з середнім значенням  $\tau_{\text{сер}} \sim 1,4$  нс.

Продемонстровано, що формування поліметилметакрилатної композиційної плівки з нанокристалами  $\text{CsPbBr}_3$ , на поверхні важких сцинтиляторів таких як германат вісмуту  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  і оксиортосилікат лютеція-гадолінія, допований празеодимом,  $(\text{Lu}_x\text{Gd}_{1-x})_2\text{SiO}_5:\text{Pr}$  спостерігаються дуже швидкі компоненти кривих загасання сцинтиляцій, зокрема з  $\tau_{\text{сер}} \sim 1,67$  нс.

**Теоретичне значення** отриманих результатів полягає у наступному:

Отримано нові фундаментальні знання стосовно люмінесцентних та сцинтиляційних параметрів нанокристалів перовськітів. Досліджено

механізми, які впливають на оптичні властивості перовськітів у складі композиційних матеріалів. Ідеї та підходи, розвинуті в роботі, можуть бути використані для подальшого розвитку теоретичних основ створення нових оптичних матеріалів. Ці теоретичні розробки є базою для подальших досліджень у галузі наноматеріалів і можуть слугувати основою для розробки нових технологій та матеріалів.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає в одержанні нових фундаментальних знань стосовно люмінесцентних та сцинтиляційних параметрів нанокристалів перовськітів, як оптично активних компонентів композиційних матеріалів. Отримані експериментальні результати щодо способів стабілізації структури та, як наслідок, поліпшення люмінесцентних та сцинтиляційних характеристик можуть бути використані при цілеспрямованій розробці нових матеріалів з керованими оптичними властивостями. Методи створення полімерних композиційних матеріалів, що розвинено та відпрацьовано при виконанні дисертаційної роботи, можуть бути використані при розробці нових люмінесцентних функціональних матеріалів для різноманітних застосувань. Ідеї та підходи, розвинуті в роботі, можуть бути використані при створенні нових оптичних матеріалів, швидких сцинтиляційних детекторів, а також матеріалів з ефективним поглинанням та перетворенням сонячної енергії.

**Особистий внесок здобувача.** Всі результати досліджень, які викладено у дисертації, отримано за безпосередньої участі її авторки. Вибір об'єктів та методів дослідження, постановку наукових завдань проведено спільно з науковим керівником д.т.н., ст.д. Беспаловою І.І. Колоїдні розчини нанокристалів перовськітів складу  $\text{CsPbX}_3$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) та композиційні матеріали на основі ПММА різного складу було отримано авторкою під керівництвом д.т.н., ст.д. Беспаловою І.І. Люмінесцентні та сцинтиляційні властивості отриманих зразків було досліджено спільно з к.ф.-м.н. Вягіним О.Г., к.т.н., с.д. Герасимовим Я.В. та чл.-кор., д.ф.-м.н., с.н.с., Сорокіним О.В. Авторка власноруч проводила синтез композиційних матеріалів та оптичних волокон на основі поліметилметакрилату, поліакрилату, поліуретанової смоли, полідиметилсилоксану, полістиролу; дослідження оптичних властивостей нанокристалів перовськітів у формі колоїдного розчину, композитів та волокон; дослідження стабільності та набухання полімерних матеріалів у таких розчинниках; дослідження стабільності оптичних властивостей нанокристалів перовськітів у композитах; брала безпосередню участь в обробці та тлумаченні отриманих експериментальних результатів, у підготовці матеріалів для участі у конференціях, а також у написанні статей.

У роботах [1], [2], [3], [4], [5], [6] було синтезовано колоїдні розчини нанокристалів перовськітів  $\text{CsPbX}_3$ , виготовлено композиційні матеріали, визначено та порівняно люмінесцентні та сцинтиляційні властивості нанокристалів перовськітів у вигляді колоїдних розчинів та композиційних матеріалів.

У роботі [1] було проведено порівняння люмінесцентних властивостей нанокристалів перовськітів у вигляді колоїдних розчинів і в складі полімерних плівок. Було показано, що толуол є кращим дисперсійним середовищем для нанокристалів перовськітів у порівнянні з хлороформом.

У роботі [2] здобувачкою було отримано зразки нанокристалів  $\text{CsPbBr}_3$  у вигляді колоїдних розчинів та досліджено процеси їх фотодеградації. Доктором філософії В. Васильковським продемонстровано можливість використання нанокристалів перовськітів у методах електроаналітичної хімії.

У роботі [3] було досліджено сцинтиляційні характеристики плівок  $\text{CsPbBr}_3$ -поліметилметакрилату різної товщини при збудженні  $\alpha$ -випромінюванням радіонуклідів  $^{239}\text{Pu}$  ( $E_\alpha = 5,15 \text{ MeV}$ ) та  $^{238}\text{Pu}$  ( $E_\alpha = 5,46 \text{ MeV}$ ). Оцінка абсолютного світлового виходу за стандартом ІЕС 62372:2021 (визначає власну роздільну здатність сцинтилятора) і розрахунок коефіцієнта світлозбору показали, що композитна плівка товщиною 200 мкм випромінювала близько 860 фотонів на 1 MeV поглиненої енергії.

У роботі [4] було проведено експерименти по визначенню стабільності оптичних параметрів нанокристалів перовськітів у складі полімерних композиційних матеріалах під впливом температури а світла. Запропоновані підходи до покращення стабільності нанокристалів перовськітів шляхом включення їх в полімерні композиційні матеріали та визначено найбільш оптимальні полімери для виготовлення композиційних матеріалів.

Всі наведені в дисертації результати отримані автором особисто та опубліковані у співавторстві в таких наукових працях [1], [2], [3], [4], що ввійшли у дисертацію.

**Апробація результатів дослідження.** Матеріали дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на наступних міжнародних, вітчизняних конференціях, семінарах та школах-семінарах: II Міжнародна конференція перспективних досліджень "Condensed Matter and Low Temperature Physics 2021" (CM&LTP 2021), 2021 (Харків, Україна); Міжнародна науково-практична конференція "Nanotechnologies and nanomaterials" (NANO-2021), 2021 (Львів, Україна); Міжнародний семінар для молодих учених "Functional materials for technical and biomedical applications", 2021 (Коропово, Україна); XXVth Міжнародна школа-семінар Галини Пучковської "Spectroscopy of Molecules



and Crystals" (XXV ISSSMC), 2021 (Київ, Україна); The Seventh International Workshop on Advanced Spectroscopy and Optical Materials (IWASOM), 2022 (Гданськ, Польща); The 2022 IEEE 12th International Conference "Nanomaterials: Applications & Properties" (IEEE NAP-2022), 2022 (Краків, Польща); "Emerging Technologies: Recent advances, current challenges and outlook" The Empa PhD Students' Symposium 2022 (Цюрих, Швейцарія); ELI Summer School 2023 (Дольні Брежани, Чехія); 2022 IEEE 12th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP 2022) (Братислава, Словаччина); Міжнародний семінар для молодих учених "Functional materials for technical and biomedical applications", 2023 (Харків, Україна).

**Публікації.** Основні результати дисертації опубліковані у 16 наукових працях у наукових фахових виданнях, у тому числі: 4 статті у міжнародних та вітчизняних фахових наукових журналах, 2 статті за матеріалами конференції та 10 тез доповідей на конференціях.

### **Список опублікованих праць за темою дисертації**

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

*(які входять до переліку МОН України)*

1. Skrypnyk, T.V., I.I. Bepalova, I.I. Grankina, O.G. Viagin, S.L. Yefimova and A.V. Sorokin, 2022. Comparison of luminescent properties of halide perovskite nanocrystals in solutions and polymer films. *Functional Materials* 29 (4) (2022): 481-487. DOI: 10.15407/fm29.04.481. (Q4)
2. Skrypnyk T., Bepalova I., L. Boesel, O. Sorokin. Enhancing the stability of perovskite nanocrystals in polyacrylate composites. *Funct. Mater*, 2 (2024) 1, DOI: 10.15407/fm31.02.1 (Q4)

*Статті в іноземних виданнях:*

*(статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus (крім видань держави, визнаної Верховною Радою України державою-агресором))*

3. Vasytkovskyi, V., Skrypnyk T., Zholudov Y, Bepalova I., Sorokin O., Snizhko D., Slipchenko M. Cesium lead halide perovskite nanocrystals for the research of electrochemiluminescence. *Journal of Luminescence* 261 (2023) 119932 (7) DOI: 10.1016/j.jlumin.2023.119932. (Q2)
4. Skrypnyk T., O. Viahin, I. Bepalova, O. Zelenskaya, V. Tarasov, V. Alekseev, S. Yefimova, O. Sorokin. Scintillation properties of composite films based on CsPbBr<sub>3</sub> nanocrystals embedded in PMMA. *Radiation Measurements* 169 (2023) 107028, DOI: 10.1016/j.radmeas.2023.107028. (Q2)

### **Структура та обсяг дисертації.**

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 132 найменувань. Обсяг дисертації - 157 сторінок і включає 58 рисунків, 20 таблиць та 1 додаток.

### **Характеристика особистості здобувача.**

Скрипник Тамара Володимирівна перед вступом в аспірантуру здобула професійну підготовку у Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна, завершивши бакалаврат за напрямом «Прикладна фізика» (з 09.2014 по 06.2018) та магістратуру зі спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали» з відзнакою (з 09.2018 по 12.2019).

У період з вересня 2018 по жовтень 2020 року, частково паралельно з навчанням у магістратурі, вона обіймала посаду старшого лаборанта в Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна. З листопада 2020 року вона вступила до аспірантури Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» у галузі знань 10 «Природничі науки».

Паралельно з виконанням навчальної програми в аспірантурі, Тамара Володимирівна проводила фундаментальні дослідження за обраним напрямом. Під час навчання в аспірантурі вона працювала інженером I категорії у відділі наноструктурних матеріалів ім. Ю. В. Малюкіна Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України. На сьогодні її загальний стаж роботи перевищує 5 років.

Під час навчання в аспірантурі вона успішно оволоділа методами спектрофотометрії, флуоресцентної спектроскопії, розділеної у часі флуоресцентної спектроскопії та просвічуючої електронної мікроскопії. В цей період вона також освоїла та успішно застосовувала хімічні методи синтезу наноматеріалів і композиційних полімерних матеріалів, а також фізичні підходи до аналізу отриманих зразків.

Тамара Володимирівна постійно прагнула до отримання нових знань, беручи участь у семінарах, лекціях та конференціях. Вона завжди ретельно аналізувала дані та, за потреби, зверталася до інших дослідників за допомогою у своєму проекті, враховуючи поради більш досвідчених науковців при плануванні наступних кроків своєї роботи. Крім того, Скрипник Тамара Володимирівна досліджувала потенціал композиційних матеріалів з нанокристаллами перовськіта для сцинтиляційних детекторів у дозиметрії випромінювання в рамках міжнародного проекту. Вона продемонструвала здатність успішно застосовувати високий рівень професійної університетської підготовки та знання спеціальних розділів і дисциплін для глибокого розуміння і проведення як фундаментальних, так і експериментальних

наукових досліджень. Завдяки наполегливій праці та співпраці з колегами, вона трансформувала свій проект у публікації та тези для конференцій.

**Оцінка мови та стилю дисертації.** Дисертація виконана фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

У результаті попередньої експертизи дисертації **Скрипник Тамари Володимирівни** і повноти публікації основних результатів дослідження

### **УХВАЛЕНО:**

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Скрипник Тамари Володимирівни на тему: «Нанокристали неорганічних галогеновмісних перовськітів зі стабільним люмінесцентними та сцинтиляційними параметрами».

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Скрипник Тамари Володимирівни відповідає спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, а також Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

3. Рекомендувати дисертацію Скрипник Тамари Володимирівни на тему: «Нанокристали неорганічних галогеновмісних перовськітів зі стабільним люмінесцентними та сцинтиляційними параметрами» до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

4. Рекомендувати вченій раді Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України затвердити такий склад разової спеціалізованої вченої ради:

#### **Голова ради:**

СЕМІНЬКО Владислав Вікторович, старший дослідник, доктор фізико-математичних наук, завідувач лабораторії наноструктурних органічних матеріалів Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України

**Рецензенти:**

ЧЕРГИНЕЦЬ Віктор Леонідович, професор, доктор хімічних, завідувач лабораторії синтезу скінтіляційних матеріалів Інститут скінтіляційних матеріалів НАН України

САМОЙЛОВ Олександр Миколайович, кандидат фізико-математичних наук, науковий співробітник відділу наноструктурних матеріалів ім. Ю.В. Малюкіна, Інститут скінтіляційних матеріалів НАН України

**Офіційні опоненти:**

ЗОРЕНКО ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, професор, доктор фізико-математичних наук, завідувач кафедри оптоелектронних матеріалів, Інститут фізики, Університет ім. Казимира Великого (м. Бидгощ, Польща).

ТЕРЕБІЛЕНКО КАТЕРИНА ВОЛОДИМИРІВНА, доцент, доктор хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Скрипник Тамари Володимирівни:

«За» – 21

«Проти» – немає

«Утримались» – немає

Презентація Скрипник Тамари Володимирівни на 17 стор. додається.

**Головуючий на засіданні**

завідувач відділу наноструктурних матеріалів ім. Ю.В. Малюкіна,  
член-кореспондент НАН України,  
доктор фізико-математичних наук, професор

**Світлана ЄФІМОВА****Секретар засідання**

науковий співробітник  
відділу наноструктурних  
матеріалів ім. Ю.В. Малюкіна,  
кандидат фізико-математичних наук

**Ірина РОПАКОВА**

16 липня 2024 р.