

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора з наукової  
роботи Інституту сцинтиляційних  
матеріалів НАН України

Олександр СОРОКІН

« 18 » грудня 2023 р.



## ВИТЯГ

з протоколу №3 спільного засідання відділу технології вирощування  
монокристалів та Проблемної ради ІСМА «Сцинтиляційне  
матеріалознавство»  
від «15» грудня 2023 року

**ПРИСУТНІ:** головуєчий на засіданні – заступник завідувача відділу технології вирощування монокристалів, кандидат технічних наук, старший дослідник Герасимов Ярослав Віталійович; доктор технічних наук, професор Сідлецький Олег Цезаревич; доктор технічних наук, старший дослідник Беспалова Ірина Ігорівна; доктор технічних наук, старший дослідник Бояринцев Андрій Юрійович (науковий керівник); кандидат технічних наук, професор Авраменко Вячеслав Леонідович, професор кафедри технології пластичних мас і біологічно активних полімерів НТУ «Харківський політехнічний інститут»; доктор технічних наук, професор Юрженко Максим Володимирович, завідувач відділу зварювання пластмас Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України; член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор Єфімова Світлана Леонідівна; доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Сорокін Олександр Васильович; доктор фізико-математичних наук Тарасов Володимир Олексійович; доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Тарасенко Олег Анатолійович; доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Ващенко Ольга Валеріївна; кандидат технічних наук Курцев Данііл Олександрович; кандидат технічних наук Ткаченко Сергій Анатолійович; кандидат технічних наук Креч Антон Владиславович; кандидат технічних наук Тупіцина Ірина Аркадіївна; кандидат технічних наук Рибалка Ірина Анатоліївна; кандидат технічних наук, старший дослідник Дацько Юрій Миколайович; кандидат технічних наук Міненко Сергій Сергійович; кандидат технічних наук Волошина Людмила Іллівна; кандидат фізико-математичних наук Максимчук Павло Олегович;

кандидат фізико-математичних наук Вягін Олег Геннадійович; кандидат фізико-математичних наук Ополонін Олександр Дмитрович.

Серед присутніх 4 доктори технічних наук і 10 кандидатів технічних наук – фахівці зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація.

### **СЛУХАЛИ:**

1. Результати дисертаційної роботи аспіранта КОВАЛЬЧУКА Сергія Миколайовича на тему: «Створення пластмасових сцинтиляторів великих габаритів на основі полістиролу з однорідними оптичними властивостями», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Науковий керівник – заступник директора з наукової роботи Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України, доктор технічних наук, старший дослідник БОЯРИНЦЕВ Андрій Юрійович.

Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України (протокол №7 від 06.06.2019 р.). Уточнену редакцію теми дисертаційного дослідження затверджено на засіданні Вченої ради Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України (протокол №11 від 01.10.2019 року).

2. Виступ здобувача.

3. Запитання до аспіранта по темі дисертації ставили: доктор технічних наук, професор Сідлецький Олег Цезаревич, доктор технічних наук, старший дослідник Беспалова Ірина Ігорівна, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор Єфімова Світлана Леонідівна, кандидат технічних наук, професор Авраменко Вячеслав Леонідович, кандидат технічних наук Герасимов Ярослав Віталійович, кандидат технічних наук Тупіцина Ірина Аркадіївна, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Тарасенко Олег Анатолійович.

4. Виступ наукового керівника.

5. В обговоренні дисертаційної роботи взяли участь: кандидат технічних наук Герасимов Ярослав Віталійович, кандидат технічних наук Тупіцина Ірина Аркадіївна, кандидат технічних наук Креч Антон Владиславович, доктор фізико-математичних наук Сорокін Олександр Васильович.

**УХВАЛИЛИ:****ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації КОВАЛЬЧУКА Сергія Миколайовича на тему: «Створення пластмасових сцинтиляторів великих габаритів на основі полістиролу з однорідними оптичними властивостями», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство**

**Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Основні фактори втрат світла в оптичних полімерах, які впливають на ефективність пластмасового сцинтилятора – це поглинання та розсіювання всередині полімерної матриці, які обумовлені складом та структурою полімеру. Також однією з причин виникнення неоднорідностей, які призводять до збільшення розсіювання і, як наслідок, до погіршення прозорості полімерного середовища пластмасового сцинтилятора, є внутрішні напруження та свілі всередині полімеру, обумовлені особливостями технології отримання, умовами виготовлення полімеру тощо. Такі дефекти мають великий вплив на оптичну прозорість та однорідність оптичних характеристик. Тому розробка технологічних підходів, які дозволять створити великогабаритні та довгомірні сцинтилятори на основі полістиролу з покращеними характеристиками відіграє ключову роль для виготовлення сцинтиляційного полістиролу.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Робота виконана згідно з індивідуальним планом аспіранта та планами науково-дослідних робіт Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України в рамках держбюджетних тем «Пластмасові сцинтилятори з модифікованою полімерною основою» (шифр: «Активатор» 2017-2019 № держреєстрації 0117U001285), «Сцинтиляційні матеріали з поліпшеними властивостями для фізики і промислового застосування» (шифр: «Промінь» 2020-2021 № держреєстрації 0120U102640), «Модифікація полімерної основи пластмасового сцинтилятора з метою покращення умов збору енергії збудження триплетних станів» (шифр: «Триплет» 2020-2022 № держреєстрації 0120U102655). У виконанні вказаних вище НДР здобувач брав участь як аспірант та в якості виконавця, працюючи за сумісництвом.

### **Мета і завдання дослідження.**

Метою дисертаційної роботи є визначення закономірностей процесів полімеризації полістиролу, які забезпечують однорідні оптичні (сцинтиляційні) властивості довгомірних сцинтиляторів, розробка методів виготовлення пластмасових сцинтиляторів на основі полістиролу з покращеними характеристиками.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- визначити умови запобігання виникнення оптичних дефектів у вигляді свілей у об'ємі сцинтилятора;
- знайти умови отримання пластмасового сцинтилятора з однорідними оптичними властивостями;
- визначити вплив внутрішніх напружень на світлозбір у пластмасовому сцинтиляторі;
- встановити умови отримання довгомірних пластмасових сцинтиляторів з низьким рівнем внутрішніх напружень.

### **Об'єкт дослідження.**

Процеси, що протікають при отриманні полімерних сцинтиляційних композицій на основі полістиролу методом термоініційованої вільнорадикальної полімеризації в масі.

### **Предмет дослідження.**

Умови отримання пластмасових сцинтиляторів з однорідними оптичними властивостями, світловий вихід, прозорість, технічна довжина ослаблення світлового сигналу, внутрішні напруження, однорідність.

### **Методи дослідження.**

Оптична спектроскопія, радіолюмінесцентна спектроскопія, математичне моделювання, газова хроматографія та мас-спектрометрія, оптична поляриметрия.

**Наукова новизна дослідження:** базується на таких основних положеннях:

1. Промодельовано залежність поведінки конвекційних потоків реакційної маси при отриманні сцинтиляційної композиції на основі полістиролу від ширини форми для полімеризації, що дозволяє

визначати наявність оптичної неоднорідності у вигляді свілей в об'ємі сцинтилятора.

2. Визначено умови отримання довгомірних пластмасових сцинтиляторів без свілей. Показано, що при зменшенні ширини шару реакційної маси при полімеризації стиролу з  $600 \div 500$  мм до  $60 \div 80$  мм при градієнту температур  $3 \div 5$  °С, технічна довжина ослаблення світлового сигналу для довгомірних сцинтиляторів на основі полістиролу зростає на  $10 \div 25$  %.
3. Запропоновано температурні режими термообробки для довгомірних заготовок пластмасових сцинтиляторів. Визначено, що додаткова термообробка заготовок пластмасового сцинтилятора при температурі 100 °С зменшує неоднорідність розподілу показника відносного світлового виходу вздовж довгомірного сцинтилятора з 18 % до 3 %.
4. Запропоновано антиадгезійне покриття на основі политетрафторетілену внутрішньої поверхні металевих або скляних форм для отримання пластмасових сцинтиляторів (у тому числі нейтрончутливих пластмасових сцинтиляторів з високим вмістом активуючої добавки), яке дозволяє знизити внутрішні напруження, обумовлені адгезією між пластмасовим сцинтилятором та поверхнею форми з 2,7 МПа до 0,6 МПа, що зменшує неоднорідність розподілу значення відносного світлового виходу вздовж довгомірного сцинтилятора до 3 %.

**Теоретичне значення.** Дисертаційна робота містить нові наукові положення, які є науково обґрунтованими експериментальними результатами проведених досліджень. Фундаментальні результати опубліковані мають важливе значення для напрямку отримання великогабаритних пластмасових сцинтиляторів на основі полістиролу та підтверджуються публікаціями, у чотирьох різних рейтингових міжнародних та вітчизняних наукових виданнях (1 стаття у журналі кваліфікації Q2, 2 статті у журналах кваліфікації Q4 і 1 стаття у вітчизняному журналі) та одним патентом на корисну модель.

#### **Практичне значення.**

Впроваджено метод отримання сцинтиляційного полістиролу без свілей з підвищеною прозорістю. Відпрацьовано метод експрес-перевірки якості *n*-Терфенілу. Визначені умови отримання пластмасового сцинтилятора з низьким рівнем неоднорідності розподілу відносного світлового виходу вздовж довгомірного сцинтилятора. Запропоновано антиадгезійне покриття на основі фторопласту внутрішньої поверхні форми для полімеризації, що

дозволяє знизити внутрішні напруження в приповерхневому шарі сцинтилятора, які виникають внаслідок адгезії полімеру до стінки форми.

За результатами розробок отримано патент України на корисну модель «Пристрій для виготовлення пластмасових сцинтиляторів на основі вінілароматичних полімерів». Розроблено лабораторний регламент «Отримання заготовок пластмасових сцинтиляторів на основі полістиролу методом блочної полімеризації в алюмінієвих ампулах з перегородками». Розроблено лабораторну методичку «Проведення експрес-оцінювання якості *n*-Терфенілу».

Отримані у роботі результати використані при виробництві пластмасових сцинтиляторів з покращеними властивостями, які є конкурентними на світовому ринку сцинтиляційних детекторів.

### **Особистий внесок здобувача.**

Результати, що складають основний зміст дисертації, отримано особисто, а саме:

1. Вдосконалення технологічних операцій процесу виробництва сцинтиляційного полістиролу великих розмірів, контроль сировини для виготовлення полістиролу, виготовлення та контроль процесу виготовлення зразків сцинтиляторів, дослідження умов отримання великогабаритного сцинтиляційного полістиролу без оптичних дефектів у вигляді свілей.
2. Контроль виготовлення експериментальних зразків, аналіз локальної однорідності сцинтиляційного полістиролу.
3. Вивчення впливу внутрішніх напружень на однорідність збору світла, підбір параметрів полімеризації пластмасового сцинтилятора великих габаритів для *n*/ $\gamma$  дискримінації, вивчення параметрів відпалу заготовок пластмасових сцинтиляторів на основі полістиролу.

### **Апробація результатів дослідження.**

Основні результати роботи були обговорені та представлені в доповідях на міжнародних та вітчизняних наукових конференціях:

- International Workshop for Young Scientists "Functional Materials for Technical and Biomedical Applications". – Koropovo (Kharkiv region, Ukraine). – 07 – 10 September, 2020.

- Virtual 2020 IEEE Nuclear Science Symposium & Medical Imaging Conference (IEEE–2020). – Boston (USA). – 31 October – 7 November, 2020.

- XII International Scientific Conference “Functional Basis of Nanoelectronics”. – Kharkiv–Odesa (Ukraine). – 20 – 24 September, 2021.

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 8 наукових робіт, в тому числі 4 статті в спеціалізованих вітчизняних і зарубіжних періодичних виданнях, 1 патент України на корисну модель, 3 тези доповідей наукових конференцій.

### Список опублікованих праць за темою дисертації

#### *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))*

1. Demonstrating a single-block 3D-segmented plastic-scintillator detector / A. Boyarintsev, A. De Roeck, S. Dolan, A. Gendotti, B. Grynyov, U. Kose, **S. Kovalchuk**, T. Nepokupnaya, A. Rubbia, D. Sgalaberna, T. Sibilieva X. Y. Zhao // Journal of Instrumentation. – 2021. – v. 16. – P12010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/12/P12010> (Scopus, Q2)

#### *Статті в вітчизняних виданнях:*

2. Production of large-size polystyrene based plastic scintillators with uniform optical properties / A.Yu. Boyarintsev, A.V. Kolesnikov, **S.N. Kovalchuk**, I.S. Nevliudov // Functional Materials. – 2021. – v. 28, № 4. – P. 758-763. DOI: <https://doi.org/10.15407/fm28.04.758> (Scopus, Q4)
3. Large-sized neutron-sensitive plastic scintillator / P.M. Zhmurin, D.A. Yeliseiev, O.V. Yeliseieva, V.D. Alekseev, Yu.O. Hurkalenko, **S.M. Kovalchuk** // Functional Materials. – 2023. – v. 30, № 1. – P. 115-118 DOI: <https://doi.org/10.15407/fm30.01.115> (Scopus, Q4)
4. Підвищення рівномірності характеристик пластмасового сцинтилятора за рахунок зменшення внутрішніх напружень / **С.М. Ковальчук**, А.Ю. Бояринцев // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Фізика». – 2021. – т. 35. – С. 34-39. DOI: <https://doi.org/10.26565/2222-5617-2021-35-05>

### Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків та списку використаних джерел літератури і додатків. Загальний обсяг складає 159 сторінок друкованого тексту. Обсяг основного тексту дисертації (вступ, розділи дисертації та висновки) складає 127 сторінок друкованого тексту.

Дисертація містить 13 таблиць, 61 рисунок. Список використаних джерел літератури містить 107 найменувань.

### **Характеристика особистості здобувача.**

КОВАЛЬЧУК Сергій Миколайович перед вступом в аспірантуру отримав фахову університетську підготовку у Національному технічному університеті «Харківській політехнічній інститут», в бакалавраті за напрямком підготовки «Динаміка та міцність» (з вересня 1997 по червень 2001 року), а потім отримав ступень спеціаліста за спеціальністю «Динаміка та міцність» (з вересня 2001 по лютий 2003 року). В період з 15 квітня 2019 по 14 квітня 2023 року навчався в аспірантурі Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України за спеціальністю 132 Матеріалознавство галузі знань 13 Механічна інженерія. Паралельно з виконанням освітньої програми в аспірантурі, Ковальчук С.М. проводив фундаментальні дослідження згідно обраного напрямку аспірантської підготовки. У період навчання в аспірантурі, працював на посадах заступника завідувача відділу, виконуючого обов'язки наукового співробітника та виконуючого обов'язки головного інженера Інституту сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України та має загальний стаж роботи понад 20 років. У період навчання в аспірантурі ним було успішно проведено роботу щодо вивчення процесів, що протікають при отриманні полімерних сцинтиляційних композицій на основі полістиролу методом термоініційованої вільнорадикальної полімеризації в масі. Він провів цикл важливих робіт щодо покращення оптичних та сцинтиляційних параметрів пластмасових сцинтиляторів на основі полістиролу. В період терміну аспірантської підготовки Ковальчук С.М. показав себе як професійний дослідник, продемонстрував здатність успішно застосовувати високий рівень фахової університетської підготовки та вивчення спеціальних розділів та дисциплін для глибокого осмислення та успішного проведення як фундаментальних, так і експериментальних напрямків наукової діяльності.

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



У результаті попередньої експертизи дисертації КОВАЛЬЧУКА Сергія Миколайовича і повноти публікації основних результатів дослідження

### **УХВАЛЕНО:**

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації КОВАЛЬЧУКА Сергія Миколайовича на тему: «Створення пластмасових сцинтиляторів великих габаритів на основі полістиролу з однорідними оптичними властивостями», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Ковальчука С.М. відповідає спеціальності 132 Матеріалознавство 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, пп. 6, 7, 8 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 Ковальчука С.М. на тему: «Створення пластмасових сцинтиляторів великих габаритів на основі полістиролу з однорідними оптичними властивостями» до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

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

#### **Голова ради:**

**Сідлецький Олег Цезаревич**, завідувач відділу технології вирощування монокристалів Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України, доктор технічних наук, професор.

**Рецензенти:**

**Тарасенко Олег Анатолійович**, старший науковий співробітник відділу гетероструктурованих матеріалів Інституту скінтіляційних матеріалів НАН України, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник.

**Креч Антон Владиславович**, завідувач відділу гетероструктурованих матеріалів Інституту скінтіляційних матеріалів НАН України, кандидат технічних наук.

**Офіційні опоненти:**

**Авраменко Вячеслав Леонідович**, професор кафедри технології пластичних мас і біологічно активних полімерів НТУ «Харківський політехнічний інститут», кандидат технічних наук, професор.

**Юрженко Максим Володимирович**, завідувач відділу зварювання пластмас Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, доктор технічних наук, професор.

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Ковальчука С.М.:

«За» – 20

«Проти» – немає

«Утримались» – немає

Презентація Ковальчука С.М. на 23 стор. додається.

**Головуючий на засіданні**

заступник завідувача відділу технології вирощування монокристалів, кандидат технічних наук,

**Ярослав ГЕРАСИМОВ****Секретар засідання**

Старший науковий співробітник відділу технології вирощування монокристалів, кандидат технічних наук

**Данііл КУРЦЕВ**