

ВИСНОВОК

**про наукову новизну і практичне значення
результатів дисертації**

**Зубрицької Оксана Віталіївни на тему: «Підпорогові радіаційні
ефекти у полімерних матеріалах на основі соєвої олії»,
що подається на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»
галузі знань 10 «Природничі науки»**

Актуальність теми дисертації

Полімерні матеріали відіграють ключову роль у сучасному матеріалознавстві, нанотехнологіях та біотехнологіях завдяки своїй легкості, гнучкості, екологічності та можливості тонкого налаштування фізико-хімічних властивостей. Останніми роками вони набули особливого значення як функціональні матриці-утримувачі для конструювання новітніх електрохімічних (амперометричних) біосенсорів, що використовуються в екологічному моніторингу, медицині та харчовій промисловості. Від архітектури вільного об'єму та морфології полімерної сітки безпосередньо залежать ефективність іммобілізації біологічних розпізнавальних елементів (ферментів) та дифузійні властивості матриці щодо цільових аналітів.

Однак, експлуатація та формування таких матеріалів (зокрема, під час процесів фотополімеризації, 3D-друку або стерилізації) неминуче супроводжується впливом електромагнітного випромінювання, зокрема ультрафіолетового (УФ). Традиційно радіаційна фізика твердого тіла фокусувалася на так званих надпорогових ефектах, за яких дефекти утворюються внаслідок передачі кінетичної енергії в пружних зіткненнях, коли енергія частинки перевищує поріг зміщення атома з вузла. Разом з тим, встановлено, що структурні перебудови можуть відбуватися і при енергіях, значно нижчих за цей поріг. Такі явища отримали назву підпорогових радіаційних ефектів (ПРЕ). Їхня природа полягає у збудженні електронної підсистеми з подальшою релаксацією та передачею енергії атомній підсистемі через сильні електрон-фононні взаємодії.

Якщо для напівпровідників та неорганічних діелектриків процеси ПРЕ вивчені достатньо глибоко, то для складноорганізованих полімерних систем, які характеризуються відносно низькою енергією зв'язків та високою чутливістю до іонізаційних впливів, ця фундаментальна проблема залишалася практично недослідженою. Дотепер бракувало системного розуміння того, як саме низькоенергетичні електронні збудження ініціюють розрив

макромолекул, стимулюють дифузію вільних радикалів і змінюють топологію вільного об'єму полімерів у реальному часі. Не враховувався також нерозривний зв'язок між процесами фотополімеризації та супутньої фотоіндукованої деградації (окислювальної деструкції), що критично впливає на довговічність та структурну стабільність матеріалів.

З практичної точки зору, глобальне зростання антропогенного навантаження на довкілля вимагає створення високоефективних та стабільних аналітичних інструментів для безперервного моніторингу токсичних речовин (наприклад, фенольних похідних та ксенобіотиків) у стічних і питних водах. Використання полімерів (таких як, наприклад, на основі акрилової епоксидованої соєвої олії – AESO) для створення біосенсорів відкриває широкі перспективи, проте вимагає прецизійного керування їхньою морфологією на нанорівні. З'ясування природи ПРЕ та еволюції вільного об'єму відкриває шлях до свідомої радіаційної модифікації цих матриць, що дозволяє радикально підвищити чутливість та спорідненість біосенсорів.

Враховуючи вищезазначене, дослідження підпорогових радіаційних ефектів у полімерних матеріалах на основі соєвої олії, встановлення ролі вільного об'єму та температурних факторів у цих процесах, а також застосування отриманих знань для оптимізації функціональних параметрів аналітичних приладів є своєчасним, актуальним науковим завданням, яке має як фундаментальне, так і вагоме прикладне значення для розвитку прикладної фізики та наноматеріалознавства.

Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Дисертаційна робота відповідає основним напрямкам діяльності кафедри фізики та інформаційних систем, науково-дослідної лабораторії матеріалів твердотільної мікроелектроніки імені професора Володимира Цмоця та кафедри біології та хімії Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка. Основні результати одержані в рамках виконання наступних тем:

1. “Фотополімерні матриці та наноносії при конструюванні біосенсорів для моніторингу стану довкілля та якості питної води” (2021-2023), № державної реєстрації, за рахунок коштів загального фонду державного бюджету МОН України;
2. Кафедральна тема “Отримання та дослідження фізичних властивостей нанокомпозитних матеріалів на основі широкозонних напівпровідників” (2022-2025);

3. «Польсько-український синергізм для вивчення суб-нанометрової структури біосенсорів» (2023-2024), № державної реєстрації 0123U103572 та 0124U003406, у межах конкурсу спільних українсько-польських науково-дослідних проєктів для реалізації у 2023-2024 рр.;

4. «Модифікація полімерних композитів за використання методів штучного інтелекту для нових біосенсорів екологічного та біомедичного призначення» (2025-2027), № державної реєстрації 0125U001054, за рахунок коштів загального фонду державного бюджету МОН України (проєкт молодих вчених).

Дослідження виконувались також в рамках міжнародного проєкту “Ukrainian-Lithuanian-Polish-Slovak synergy for characterization of biopolymer materials used in biosensor analysis of pollution of water resources”, проєкт EURIZON (грант № EU-3022), за фінансової підтримки Європейського Союзу (через проєкт EURIZON H2020, грантова угода № 871072).

Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі

Дисертаційна робота виконана на кафедрі фізики та інформаційних систем Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка. Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Зубрицької О.В. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Внесок автора у наукові роботи, виконані у співавторстві, відображено у переліку опублікованих праць за темою дисертації. Спільно з науковим керівником, кандидатом фізико-математичних наук, доцентом Кавецьким Т.С., сформульовано основну ідею дисертаційного дослідження, визначено його мету і завдання, розроблено підхід до експериментального вивчення процесів фотополімеризації *in-situ* під час тривалого безперервного УФ-освітлення та переривчастого УФ-освітлення зразків з фотоініціатором та без нього. Здобувачкою самостійно здійснено аналіз літературних джерел, проведено обробку і фізичну інтерпретацію процесів фотополімеризації та фотодеградації [3*, 4*, 7*, 9*, 10*], виявлено специфічні температурні ефекти під час кінетики реакцій [4*], виконано узагальнення результатів досліджень для біосенсорів [1*, 2*, 5*, 6*, 8*, 11*, 12*, 13*, 14*, 15*, 16*], встановлено фундаментальну роль вільного об'єму (нанопорожнин) у структурних перетвореннях [4*, 7*] та пряму кореляцію між параметрами вільного об'єму полімерної матриці та електрохімічними

характеристиками біосенсорів [8*, 15*], а також сформульовано основні наукові положення і висновки роботи. У публікаціях, виконаних у співавторстві, здобувачеві належать постановка окремих задач, обробка експериментальних даних, побудова графічних залежностей, проведення частини розрахунків та участь у підготовці текстів публікацій.

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечується коректною постановкою мети та завдань дослідження, а також глибоким аналізом сучасного стану проблеми підпорогового дефектоутворення у полімерних матеріалах.

Достовірність отриманих експериментальних і теоретичних результатів базується на наступних чинниках:

Комплексне застосування сучасних взаємодоповнюючих методів: Дослідження мікроструктурних перетворень проводилося з використанням незалежних, але взаємодоповнюючих фізичних методів високої роздільної здатності – позитронної анігіляційної спектроскопії (ПАС), інфрачервоної спектроскопії (ATR-FTIR) та електронного парамагнітного резонансу (ЕПР). Збіг висновків щодо еволюції вільного об'єму та кінетики радикальних реакцій, отриманих різними методами, беззаперечно підтверджує їхню достовірність.

Використання високоточного сертифікованого обладнання: Експериментальні вимірювання здійснювалися на сучасній приладовій базі провідних європейських наукових центрів (зокрема, в Інституті фізики та Інституті полімерів Словацької академії наук, м. Братислава) із застосуванням каліброваних спектрометрів та прецизійних систем для досліджень in-situ. Це забезпечило високу точність, відтворюваність результатів та мінімізацію інструментальних похибок.

Коректне застосування теоретичних моделей та математичної статистики: Обробка експериментальних спектрів (зокрема, визначення радіусів мікропорожнин) здійснювалася за допомогою апробованої квантово-механічної моделі Тао-Елдрупа. Усі експериментальні дані пройшли належну статистичну обробку з визначенням довірчих інтервалів та похибок вимірювань.

Узгодженість із фундаментальними фізичними законами: Виявлені закономірності щодо ролі електрон-фононних взаємодій, радіаційно-

стимульованої дифузії та температурних ефектів не суперечать базовим принципам фізики твердого тіла (зокрема, адіабатичному наближенню) та добре узгоджуються з відомими літературними даними щодо деградації макромолекул.

Широка апробація та незалежне рецензування: Високий рівень достовірності підтверджується публікацією основних результатів дисертації у провідних фахових виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science Core Collection, а також їхнім обговоренням та схваленням на престижних міжнародних наукових конференціях і конгресах (у Польщі, Туреччині, Болгарії та Україні).

Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у тому, що у ній вперше:

- концептуально обґрунтовано та експериментально доведено, що взаємодію ультрафіолетового випромінювання з полімерними матеріалами (на прикладі фотозшитих полімерів AESO/VDM) слід розглядати як прояв підпорогових радіаційних ефектів (ПРЕ). Показано, що розрив хімічних зв'язків відбувається внаслідок локалізації енергії електронних збуджень та її передачі атомній підсистемі через електрон-фононні взаємодії за енергій, нижчих за поріг пружного зміщення;
- комплексно встановлено подвійну роль фотоініціатора у полімерних системах: не лише як стимулятора реакцій фотополімеризації, але й як ключового фактора, що визначає кінетику, масштаби та перебіг процесів фотоіндукованої окислювальної деградації (деструкції) полімерної сітки під час тривалого опромінення;
- досліджено та фізично інтерпретовано кінетику фотоструктурних перетворень у полімерах з урахуванням специфічних теплових відгуків системи. Ідентифіковано феномени макроскопічної «атомної температури» (плавне накопичення тепла решіткою при безперервному опроміненні) та локальної «електронної температури» (різкі теплові флуктуації при переривчастому освітленні);
- встановлено фундаментальний вплив топології вільного об'єму (мікропорожнин) на перебіг фотоструктурних перетворень. Доведено наявність прямої кореляції між наноструктурними параметрами вільного об'єму (розміром пор при температурі склування T_g , коефіцієнтами теплового розширення) та дифузійно-детекційними властивостями матеріалу;

- набуло подальшого розвитку розуміння кінетики радикальних реакцій у твердофазних полімерах завдяки експериментальному доведенню (методом ЕПР) явища радіаційно-стимульованої дифузії вільних радикалів, які мігрують та рекомбінують уздовж просторового градієнта, утвореного неоднорідним поглинанням випромінювання;
- доведено можливість цілеспрямованого керування параметрами амперометричних біосенсорів шляхом модифікації їхніх полімерних матриць-утримувачів на основі виявлених закономірностей підпорогових радіаційних ефектів та еволюції вільного об'єму.

Наукове та практичне значення результатів дисертації.

Використання результатів роботи

Наукове значення дисертаційної роботи полягає у комплексному розширенні та поглибленні фундаментальних уявлень про механізми взаємодії низькоенергетичного (підпорогового) випромінювання зі складноорганізованими полімерними системами. До найважливіших наукових здобутків належать:

1. Концептуалізація механізмів підпорогових радіаційних ефектів (ПРЕ) у полімерах: Вперше науково обґрунтовано та доведено, що процеси фотополімеризації та фотодеградації полімерних матеріалів (на прикладі систем AESO/VDM) доцільно розглядати саме крізь призму підпорогових радіаційних ефектів. Розкрито механізм локалізації енергії електронних збуджень, викликаних УФ-випромінюванням, та її подальшої передачі атомній підсистемі через електрон-фононні взаємодії. Це пояснює природу розриву ковалентних зв'язків та генерації високоактивних вільних радикалів за енергій, що є значно нижчими за традиційний поріг пружного зміщення атомів.

2. Розкриття фундаментальної ролі вільного об'єму: Істотно доповнено фізичну теорію полімерних сіток шляхом встановлення прямого взаємозв'язку між параметрами вільного об'єму та дифузійно-транспортними процесами у матриці. Показано, як структурні модифікатори (наприклад, введення ароматичних кілець ваніліндиметакрилату) змінюють архітектуру вільного об'єму, що дозволяє на теоретичному рівні прогнозувати проникність матеріалу. Пояснення нелінійної кінетики та температурних феноменів: Значним теоретичним внеском є ідентифікація та фізична інтерпретація специфічних температурних ефектів, що супроводжують фотоструктурні перетворення. Введено та обґрунтовано концепції відгуку «атомної температури» (плавне акумулювання тепла решіткою при безперервному

опроміненні) та «електронної температури» (різкі теплові флуктуації при переривчастому освітленні).

3. Теоретичне обґрунтування радіаційно-стимульованої дифузії: Розроблено фізичну модель міграції парамагнітних центрів у полімерній матриці. Доведено, що неоднорідне поглинання випромінювання формує просторовий градієнт концентрації вільних радикалів, який у темнові періоди стає рушійною силою для їхньої інтенсивної радіаційно-стимульованої дифузії та подальшої рекомбінації.

4. Встановлення дуалістичної природи фотоіндукованих процесів: Теоретично доведено нерозривну єдність процесів структурної організації (полімеризації) та деструкції (деградації). Встановлено, що після досягнення насичення полімерної сітки подальший вплив підпорогового випромінювання ініціює невідворотну, але контрольовану фотоіндуковану окислювальну деструкцію.

Практична цінність дисертації полягає у безпосередній можливості трансляції виявлених фундаментальних фізичних закономірностей у площину створення новітніх матеріалів, аналітичних приладів та інженерних рішень:

1. Створення високоефективних амперометричних біосенсорів нового покоління: Виявлені закономірності формування вільного об'єму були успішно конвертовані у практичний алгоритм оптимізації полімерних матриць-утримувачів (на основі уреасилу та фотозшитих олій). Це забезпечило ідеальні мікроструктурні умови для іммобілізації ферменту лаккази, що дозволило у 1,4-2,2 рази підвищити чутливість біоелектродів порівняно з комерційними стандартами (наприклад, мембранами Nafion), а також досягти рекордно високої спорідненості сенсора до цільових аналітів.

2. Розробка інструментарію для екологічного моніторингу: Сконструйовані біонаносенсиори повністю готові до практичного впровадження у системи екологічного контролю. Вони забезпечують високоточне, швидке та надійне виявлення небезпечних ксенобіотиків і фенольних забруднювачів (зокрема, катехолу та ABTS) у стічних і питних водах, що є критично важливим завданням для захисту довкілля.

3. Керування радіаційною стійкістю технологічних полімерів: З'ясовані механізми підпорогової деградації надають інженерам та технологам прямий інструментарій для прогнозування терміну служби та підвищення радіаційної стійкості полімерних матеріалів. Здатність керувати швидкістю деструкції (шляхом додавання або вилучення фотоініціаторів) має величезне значення для аерокосмічної галузі, медичного матеріалознавства та технологій 3D-друку біосумісними фотополімерами.

4. Впровадження універсального діагностичного комплексу: Розроблений та успішно апробований у дисертації синергетичний методичний підхід, який поєднує позитронну анігіляційну спектроскопію (ПАС), ІЧ-спектроскопію (ATR-FTIR), електронний парамагнітний резонанс (ЕПР) є готовим потужним інструментом для науково-дослідних лабораторій. Цей комплекс дозволяє здійснювати високоточний неруйнівний контроль наноструктури та моніторинг деградаційних процесів практично у будь-яких полімерних і композитних матеріалах.

Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Основні положення та результати дисертації висвітлено у 16 наукових працях: 7 наукових праць, з них 5 наукові статті, опубліковані у виданнях, що входять до списку наукових фахових видань України та проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus та 2 наукові статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, країн, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку, і 3 матеріалів та тез доповідей на міжнародних наукових конференціях та 6 статей, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Наукові статті, опубліковані у виданнях, що входять до списку наукових фахових видань України та проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus

1. I.I. Donchev, T.S. Kavetskyu, O.R. Mushynska, **O.V. Zubrytska**, I.V. Briukhovetska, A.M. Pryima, H.Y. Kovalchuk, N.K. Hoivanovych, L.M. Kropyvnytska, Y.Y. Pavlyshak, T.B. Skrobach, G.M. Kossak, V.I. Stakhiv, S.S. Monastyrskya, A.E. Kiv. Computer model of track biosensor // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2022. Vol. 25, № 4. P. 441-445. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).
2. Y.V. Bondaruk, T.S. Kavetskyu, A.O. Vinkovskaya, M. Kushniyazova, D.O. Dyachok, L.I. Pankiv, H.M. Klepach, O.R. Mushynska, **O.V. Zubrytska**, O.I. Matskiv, Y.V. Pavlovskyu, S.Y. Voloshanska, S.S. Monastyrskya, L.V. Bodnar, A.E. Kiv. Improvement of new electronic materials using computer modelling //

Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2023. Vol. 26, № 4. P. 470-474. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).

3. A.E. Kiv, V.N. Soloviev, A.O. Bielinskyi, M.A. Slusarenko, T.S. Kavetskyu, O. Šauša, H. Švajdlenková, I.I. Donchev, N.K. Hoivanovych, L.I. Pankiv, O.V. Nykolaishyn, O.R. Mushynska, **O.V. Zubrytska**, A.V. Tuzhykov, M. Kushniyazova. Multifractal signatures of light-driven self-organization in acrylated epoxidized soybean oil polymers // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2024. Vol. 27, № 3. P. 366-377. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, підготовці зразків для експериментів, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).

4. T.S. Kavetskyu, **O.V. Zubrytska**, O.I. Matskiv, M. Stievenard, O. Šauša, H. Švajdlenková, V.M. Soloviev, A.O. Bielinskyi, J. Ostrauskaite, A.E. Kiv. Photopolymerization and photodegradation of polymers after long-term UV light exposure // Physics and Chemistry of Solid State. 2025. Vol. 26, № 4. P. 718-732. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).

5. D. Fink, A.E. Kiv, T.S. Kavetskyu, D.O. Dyachok, Y.V. Bondaruk, A.O. Vinkovskaya, N.K. Hoivanovych, L.I. Pankiv, **O.V. Zubrytska**, O.I. Matskiv, U.V. Khromiak, Y.Y. Pavlyshak, Y.V. Pavlovskyu, V.M. Senkiv, S.S. Monastyrskaya. Computer modeling of diffusion processes in porous materials // Physics and Chemistry of Solid State. 2026. Vol. 27, № 1. P. 11-14. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).

*Наукові статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях,
проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core
Collection та/або Scopus, країн, які входять до
Організації економічного співробітництва та розвитку*

6. T. Kavetskyu, **O. Zubrytska**, L. Pan'kiv, R. Khalilov, A. Nasibova, A. Akbarzadeh, A. Pryima, N. Stebeletska, S. Voloshanska. Use of magnetic susceptibility measurement for analysis of self-organized magnetic nanoparticles in biological systems // NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and

Biophysics “Nanoscience and Nanotechnology in Security and Protection against CBRN Threats” (P. Petkov, M.E. Achour, C. Popov, eds.). Dordrecht: Springer. 2020. Chapter 17. P. 215-221. DOI: 10.1007/978-94-024-2018-0_17. *(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, підготовці зразків для експериментів, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку).*

7. T. Kavetskyu, **O. Zubrytska**, M. Stievenard, O. Šauša, H. Švajdlenková, V. Soloviev, A. Bielinskyi, J. Ostrauskaite, A. Kiv. Complex network methods, PALS, ATR-FTIR and EPR study of photopolymerization // NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics “Nanotechnological Advances in Environmental, Cyber and CBRN Security” (P. Petkov, M.E. Achour, C. Popov, eds.). Dordrecht: Springer. 2025. Chapter 19. P. 265-284. DOI: 10.1007/978-94-024-2316-7_19. *(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, підготовці зразків для експериментів, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

8. T. Kavetskyu, M. Goździuk, I. Donchev, N. Hoivanovych, O. Nykolaishyn, L. Pankiv, Y. Kukhazh, O. Mushynska, **O. Zubrytska**, J. Ostrauskaite, B. Zgardzińska, O. Šauša, H. Švajdlenková, A. Kiv. Network properties of polymer matrixes for controlling a functionality of amperometric biosensors: Recent advances and perspectives // 9th International Congress on Biomaterials and Biosensors (BIOMATSEN 2024). Oludeniz, Turkiye, 18-24 April, 2024. P. Id-516. *(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, підготовці зразків для експериментів, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, запрошена доповідь).*

9. T. Kavetskyu, **O. Zubrytska**, O. Šauša, H. Švajdlenková, V. Soloviev, J. Ostrauskaite, A. Kiv. Complex network methods, EPR and NIR study of photopolymerization // NATO Advanced Study Institute “Nanotechnological Advances in Environmental, Cyber and CBRN Security”. Sozopol, Bulgaria, 14-22 September, 2024. P. 87. *(Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, підготовці зразків для експериментів, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, постерна доповідь).*

10. T. Kavetskyu, P. Grozdov, M. Stievenard, **O. Zubrytska**, O. Šauša, H. Švajdlenková, V. Soloviev, J. Ostrauskaite, A. Kiv. Microstructural features of the polymer network during photopolymerization // V International Scientific and

Practical Conference "State of Natural Resources and Prospects for Their Preservation and Restoration". Drohobych, Ukraine, 17-18 October, 2024. P. 138-141. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, підготовці зразків для експериментів, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, усна доповідь*).

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації

11. I. Donchev, Y. Bondaruk, D. Dyachok, L. Pankiv, I. Pan'kiv, Y. Kukhazh, O. Mushynska, **O. Zubrytska**, T. Kavetskyu, D. Fink, A. Kiv. Computer modeling of biological contaminants in a track biosensor // Acta Carpathica. 2022. Vol. 1(37). P. 5-13. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).

12. I. Donchev, Y. Bondaruk, D. Fink, T. Kavetskyu, M. Kushniyazova, L. Pan'kiv, Y. Kukhazh, O. Mushynska, **O. Zubrytska**, A. Vinkovskaya, D. Dyachok, A. Kiv. Optimization of ion track characteristics in a track biosensor // Acta Carpathica. 2022. Vol. 2(38). P. 31-37. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).

13. I. Donchev, D. Fink, A. Vinkovskaya, T. Kavetskyu, M. Kushniyazova, D. Dyachok, Y. Bondaruk, L. Pan'kiv, Y. Kukhazh, O. Mushynska, **O. Zubrytska**, O. Matskiv, V. Soloviev, A. Kiv. Simulation of track structures as the basis of biosensors // Acta Carpathica. 2023. Vol. 1(39). P. 66-72. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).

14. A. Vinkovskaya, Y. Bondaruk, D. Fink, T. Kavetskyu, D. Dyachok, I. Donchev, L. Pankiv, Y. Kukhazh, **O. Zubrytska**, O. Matskiv, M. Kravtsiv, R. Leshko, N. Hoivanovych, A. Kiv. Features of chemical etching of track structures // Acta Carpathica. 2023. Vol. 2(40). P. 107-113. (*Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку*).

15. T. Kavetskyu, Y. Kukhazh, N. Hoivanovych, L. Pankiv, O. Nykolaishyn, O. Mushynska, **O. Zubrytska**, O. Demkiv, D. Dyachok, A. Vinkovskaya, A. Hijaze, M. Kushniyazova, O. Šauša, A. Kiv. On the correlation of network properties of polymer matrixes with parameters of electrochemical biosensors // Acta Carpathica. 2024. Vol. 1(41). P. 105-116. (*Особистий внесок здобувача: участь у*

формулюванні задач дослідження, підготовці зразків для експериментів, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку).

16. D. Fink, A. Kiv, T. Kavetskyu, V. Soloviev, Y. Bondaruk, N. Hoivanovych, Y. Kukhazh, **O. Zubrytska**, O. Matskiv, A. Hijaze, O. Šauša. Mechanism for detecting contaminants in the track sensors // Acta Carpathica. 2024. Vol. 2(42). P. 23-29. (Особистий внесок здобувача: участь у формулюванні задач дослідження, проведенні експериментів, аналізі та інтерпретації результатів, підготовці публікації до друку).

Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Мова і стиль дисертації відповідають вимогам, що висуваються до праць такого рівня. Зміст дисертації відповідає чинним вимогам до оформлення дисертації, встановленим освітньо-науковою програмою «Прикладна фізика та наноматеріали» галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали». Нормативні вимоги щодо оформлення дисертації дотримані повністю.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 136 найменувань та 1 додатку. Повний обсяг дисертаційної роботи становить 176 сторінок, у тому числі містить 46 рисунків та 6 таблиць.

У ході обговорення дисертації не було висунуто зауважень щодо самої суті роботи.

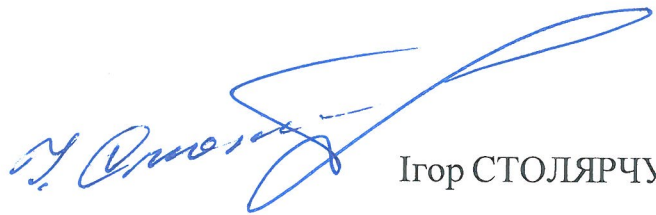
Загальний висновок

Дисертаційна робота Зубрицької О.В. «Підпорогові радіаційні ефекти у полімерних матеріалах на основі соєвої олії», подана на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», за її актуальністю, науково-теоретичним рівнем, новизною постановки та розв'язання проблеми, практичним значенням отриманих результатів відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 507 від 03.05.2024 р.). Дисертаційне дослідження містить обґрунтовані і достовірні висновки та результати.

За результатами публічної презентації результатів дисертації та їх обговорення на фаховому науковому семінарі кафедри фізики та інформаційних систем факультету фізики, математики, економіки та інноваційних технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка дисертацію Зубрицької О.В. рекомендовано до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді для здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Голова засідання,

доктор фізико-математичних наук,
професор, декан факультету фізики,
математики, економіки та інноваційних
технологій, професор кафедри фізики
та інформаційних систем
Дрогобицького державного
педагогічного університету
імені Івана Франка



Ігор СТОЛЯРЧУК

24.06.2026 р.

