

**Рішення**  
**разової спеціалізованої вченої ради**  
**про присудження ступеня доктора філософії**

Здобувач ступеня доктора філософії Тарас ПРИЙМАК, 1996 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2018 р. ДВНЗ "Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника" за спеціальністю "Біологія", працює вчителем хімії, біології, природи Угорницький ліцей, Івано-Франківської міської ради, с. Угорники, виконав акредитовану освітньо-наукову програму "Прикладна фізика та наноматеріали".

Разова спеціалізована вчена рада ДФ 20.051.178, утворена наказом ректора Карпатського національного університету імені Василя Стефаника Міністерства освіти і науки України, м. Івано-Франківськ від 26 лютого 2026 року № 264, у складі:

Голови разової спеціалізованої вченої ради –

Володимира КОЦЮБИНСЬКОГО – доктора фізико - математичних наук, професора, завідувача кафедри прикладної фізики та матеріалознавства Карпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Рецензентів –

Богдана РАЦІЯ – доктора фізико-математичних наук, професора, професора кафедри прикладної фізики та матеріалознавства Карпатського національного університету імені Василя Стефаника;

Любові ЯБЛОНЬ – доктора фізико-математичних наук, професора, професора кафедри фізики та астрономії Карпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Офіційних опонентів –

Федора ІВАЩИШИНА – доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри прикладної фізики і наноматеріалознавства Національного університету «Львівська політехніка»;

Ігоря ХУДЕЦЬКОГО – доктора медичних наук, професора, завідувача кафедри біобезпеки та здоров'я людини Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

на засіданні 12 травня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки Тарасу ПРИЙМАКУ на

підставі публічного захисту дисертації «Трансформація імпедансних спектрів біологічних тканин під впливом деструктивних факторів» за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Дисертацію виконано у Карпатському національному університеті імені Василя Стефаника Міністерства освіти і науки України, м. Івано-Франківськ.

Науковий керівник: Іван ГАСЮК, доктор фізико-математичних наук, професор, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, декан фізико-технічного факультету.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису.

### **Наукова новизна дослідження.**

1. Уперше встановлено закономірності трансформації імпедансних спектрів біологічних тканин різної морфології під впливом деструктивних чинників (температури, часу експозиції, повторних вимірювальних процедур) та показано, що ці трансформації відображаються у зміні структури відповідних електричних еквівалентних схем, зокрема у втраті окремих СРЕ–R-ланок при досягненні температур денатурації мембранних білкових компонентів.

2. Обґрунтовано структуру багатоелементних електричних еквівалентних схем для інтактних тканин різних органів на основі аналізу діаграм Найквіста та встановлено ймовірну відповідність між елементами схеми та структурними компонентами тканини (мембранними, внутрішньо- та позаклітинними підсистемами). Показано, що параметричні зміни R-елементів та СРЕ–T є інформативними індикаторами ступеня структурної деградації.

3. Встановлено температурно-часові закономірності зміни дійсної та уявної складових комплексного опору, що супроводжуються зменшенням опорів і ємнісних параметрів, зростанням тангенса кута втрат та перебудовою частотної дисперсії, що пов'язано з порушенням цілісності мембран та переходом тканини до більш ізотропного стану провідності.

4. Показано, що аналіз першої та другої похідних частотної залежності провідності дозволяє виявляти стабільні частотні екстремуми, пов'язані зі структурною організацією тканини. Встановлено, що мінімум у ділянці  $\sim 1$  Гц є стабільним маркером переходу між провідними режимами, тоді як положення максимумів зміщується залежно від геометричних параметрів зразка та ступеня пошкодження, що відкриває можливість структурно-чутливої діагностики.

5. Виявлено вплив геометричних параметрів зразків на параметри комплексного опору, зокрема встановлено немонотонний характер зміни складових імпедансу та параметрів еквівалентної схеми при збільшенні розмірів тканини, що підтверджує роль просторової організації у формуванні спектра.

6. Показано, що повторюване використання певних частотних режимів (зокрема в області 100 кГц) може спричинити додаткові структурні зміни

мембранних компонентів, що необхідно враховувати при розробці протоколів імпедансних вимірювань біологічних об'єктів. Оптимізовано методику отримання імпедансних спектрів у лабораторних умовах, розроблено конструкцію вимірювальних комірок та обґрунтовано геометричні параметри зразків, що забезпечують відтворюваність результатів та коректність побудови еквівалентних моделей.

**Практичне значення** Практичне значення дослідження полягає у розробленні та експериментальному обґрунтуванні підходів до структурночутливого аналізу імпедансних спектрів біологічних тканин, що дозволяють оцінювати ступінь їх пошкодження за параметрами електричних еквівалентних схем та характеристиками частотної дисперсії. Оптимізовано методику отримання імпедансних спектрів *ex vivo* із використанням розроблених вимірювальних комірок, що забезпечують відтворюваність результатів та коректність побудови еквівалентних моделей. Запропоновані структури електричних еквівалентних схем інтактних та пошкоджених тканин можуть бути використані для кількісної оцінки змін їх структурно-функціонального стану в лабораторних дослідженнях. Встановлені частотні маркери (зокрема стабільний мінімум у ділянці  $\sim 1$  Гц та зміщення максимумів похідних провідності) можуть бути використані як індикатори ступеня структурної деградації тканин. Отримані результати щодо впливу температури, часу експозиції, геометричних параметрів зразків та повторних вимірювальних процедур можуть бути враховані при розробленні протоколів імпедансних вимірювань біологічних об'єктів, а також при створенні діагностичних та моніторингових систем на основі імпедансної спектроскопії

Дисертація виконана державною українською мовою.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи становить 220 сторінок, містить 78 рисунків, 9 таблиць і 297 бібліографічних посилань.

Дисертація відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р. (зі змінами) «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», що відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 № 44 (зі змінами).

Здобувач має 9 наукових публікацій за темою дисертації, з них 4 статті, з яких 3 у фахових наукових журналах, які індексуються наукометричною базою Scopus; 1 стаття включена до переліку наукових фахових видань України категорії Б і 5 тез доповідей у матеріалах науково-практичних конференцій з них 1 матеріал конференції у збірнику, який індексується наукометричною

базою Scopus, що відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 №44 (зі змінами):

1. Приймак Т. В., Гасюк І. М., Груб'як А. Б. Трансформація спектру електричного імпедансу біологічних тканин під впливом деструктивних факторів / Наукові нотатки. 2021. №71. С. 128 – 136.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775.24153966.2021.71.18>.

URL: [https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi\\_notatky/article/view/582](https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/article/view/582)

2. Pryimak, T., Chervinko, D., Voitkiv, H., & Hasyuk, I. Amplitude-Frequency Effect of Mixed Electric Field on Impedance Spectrum Parameters of Biological Tissue. / Physics and Chemistry of Solid State. 2024. 25(2), P. 269–277.

DOI: <https://doi.org/10.15330/pcss.25.2.269-277>.

URL: [https://www.scopus.com/pages/publications/85201768119?origin=results\\_list](https://www.scopus.com/pages/publications/85201768119?origin=results_list)

3 T.V. Pryimak, I.M. Gasyuk, A.V. Grubyak, D.M. Chervinko, Transformation of the electrical impedance spectra of biological tissues under the influence of destructive factors, Materials Today: Proceedings, Volume 62, Part 9, 2022, P. 5796-5799.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.654>.

URL: [https://www.scopus.com/pages/publications/85128869619?origin=results\\_list](https://www.scopus.com/pages/publications/85128869619?origin=results_list)

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці:

1. Володимир Коцюбинський, доктор фізико – математичних наук, професор, завідувач кафедри прикладної фізики та матеріалознавства Карпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Оцінка позитивна, зауважень немає.

2. Богдан РАЧІЙ, доктор фізико – математичних наук, професор, професор кафедри прикладної фізики та матеріалознавства Карпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Оцінка позитивна, зауважень немає.

3. Любов ЯБЛОНЬ, доктор фізико – математичних наук, професор, професор кафедри фізики та астрономії Карпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Оцінка позитивна, зауважень немає.

4. Федір Іващишин, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної фізики і наноматеріалознавства Національного університету «Львівська політехніка».

Оцінка позитивна, зауважень немає.

5. Ігор ХУДЕЦЬКИЙ, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри біобезпеки та здоров'я людини Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Оцінка позитивна, зауважень немає.

6. Роман ІЛЬНИЦЬКИЙ, доктор фізико – математичних наук, професор, професор кафедри прикладної фізики і матеріалознавства, гарант ОНП доктора філософії (PhD) “Прикладна фізика та наноматеріали” Карпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Оцінка позитивна, зауважень немає.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада ДФ 20.051.178 Карпатського національного університету імені Василя Стефаника Міністерства освіти і науки України, м. Івано-Франківськ присуджує Тарасу ПРИЙМАКУ ступінь доктора філософії (PhD) з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої  
вченої ради



Володимир Коцюбинський