

Затверджую

Проректор з наукової роботи

Національного університету

«Львівська політехніка»

проф. Іван ДЕМІДОВ



02 2025 р.

Висновок

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Формування та властивості наношарів прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток з включеними неорганічними наночастинками» здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 102 Хімія (галузь знань 10 Природничі науки) – Ліщинського Остапа Романовича наукового семінару кафедри органічної хімії Навчально-наукового інституту хімії та хімічних технологій

1. Актуальність теми дисертації

В останні роки значно зріс інтерес до розробки біологічно активних поверхонь у зв'язку з їх незамінністю в багатьох сферах. Формування наношарів із включеними неорганічними наночастинками відкриває нові можливості для створення адаптивних матеріалів із заданими властивостями. Приклади застосування включають антимикробні покриття, медичні імпланти, біосенсори для біомедичної діагностики тощо. Полімерні щітки привертають значну увагу при створенні біоактивних поверхонь завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям, універсальній архітектурі та простоті обробки. У тканинній інженерії дуже важливо контролювати поведінку клітин, таку як адгезія, проліферація, поширення, рухливість та диференціювання для регенерації тканин. І для ефективної роботи поверхонь із полімерними щітками їх необхідно правильно модифікувати, що може бути досягнуто шляхом використання неорганічних наночастинок. Представлена дисертаційна робота присвячена дослідженню процесу формування наношарів прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток з включеними неорганічними наночастинками та їхніх властивостей. Для створення покриттів в роботі

розроблені та досліджені методи модифікації на плоских поверхнях та дисперсних матеріалах з метою контрольованого впливу на біологічні об'єкти. Усе це робить представлену роботу сучасною й актуальною.

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

Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри органічної хімії Національного університету «Львівська політехніка», а саме «Створення функціональних полімерів та наноматеріалів». У межах цієї роботи дисертантом розроблено процес формування наночастинок прищеплених температуро-чутливих полімерних ціток з включеними неорганічними наночастинами та досліджено їхні властивості.

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в співавторстві, отримані за безпосередньої участі автора на всіх етапах роботи. Автор здійснив детальний та систематичний аналіз формування наночастинок прищеплених температуро-чутливих полімерних ціток з включеними неорганічними наночастинами, використовуючи широкий спектр літературних джерел. Автором було досліджено форма та розмір включених неорганічних наночастинок; досліджено біосумісні та антибактеріальні властивості досліджуваних наночастинок. Такий новаторський підхід розглядає формування прищеплених полімерних покриттів з вбудованими наночастинами як високотехнологічний процес, що дозволяє сформувати прогресивні біологічні засоби, що є додатковою перевагою дослідження. Вибір об'єктів дослідження, постановка завдань, обговорення, аналіз та інтерпретацію одержаних результатів здійснено спільно з науковим керівником д.х.н., професором Стецишином Ю.Б. [1-20]. Результати досліджень, що наведені у дисертації та опубліковані у наукових статтях, належать автору та є його власним науковим надбанням.

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

Розроблені та викладені у дисертації наукові положення, висновки та рекомендації мають високий рівень обґрунтованості. Опрацьовано та

осмислено значну кількість літературних джерел, які стосуються отримання прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток з включеними неорганічними наночастинками. Зроблені у дисертації висновки та рекомендації логічні і є результатом всебічного та об'єктивного аналізу досліджуваних ефектів та явищ, здійсненого за допомогою сучасного вимірювального обладнання. Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів дослідження, наукових положень та рекомендацій підтверджено їхньою апробацією та схваленням на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Робота є комплексним дослідженням, яке включає створення наукових і практичних засад формування наночастин прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток, які містять у своїй структурі функціональні групи з високою спорідненістю до іонів металів для наступного формування неорганічних наночастинок у структурі полімерної матриці (на плоских поверхнях та дисперсних матеріалах).

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

Вперше досліджено:

1) процес синтезу наночастинок (срібла, міді чи CaCO_3) у наночастиках прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток полі(метилового етеру діетиленглікольмонометакрилату), полі(4-вінілпіридину), та полі(етилового етеру тріетиленглікольмонометакрилату);

2) форму та розмір неорганічних наночастинок включених у полімерну матрицю наночастин прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток у залежності від умов синтезу наночастинок та природи полімерної матриці;

3) комплексний вплив неорганічних наночастинок на властивості наночастин прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток.

Вперше створено наночастинки прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток з включеними неорганічними наночастинками (срібними,

міді та CaCO_3) для вирощування на них клітин; антибактеріальних наношарів з здатністю знищувати мікроорганізми тільки у певних операційних режимах.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Статті у виданнях, що входять до наукометричних баз даних Scopus або Web of Science:

1. **Lishchynskiy O.**, Shymborska Y., Stetsyshyn Y., Raczkowska J., Skirtach A.G., Peretiatko T., Budkowski A. Passive antifouling and active self-disinfecting antiviral surfaces. *Chemical Engineering Journal*. 2022. Vol. 446. No. 1. P. 137048. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137048>

2. **Lishchynskiy O.**, Stetsyshyn Y., Raczkowska J., Awsiuk K., Orzechowska B., Abalymov A., Skirtach A.G., Bernasik A., Nastyshyn S., Budkowski A. Fabrication and impact of fouling-reducing temperature-responsive POEGMA coatings with embedded CaCO_3 nanoparticles on different cell lines. *Materials*. 2021. Vol. 14. P. 1417. <https://doi.org/10.3390/ma14061417>

3. Nastyshyn S., Raczkowska J., Stetsyshyn Y., Orzechowska B., Bernasik A., Shymborska Y., Brzychczy-Włoch M., Gosiewski T., **Lishchynskiy O.**, Ohar H., Ochońska D., Awsiuk K., Budkowski A. Non-cytotoxic, temperature-responsive and antibacterial POEGMA based nanocomposite coatings with silver nanoparticles. *RSC Advances*. 2020. Vol. 10. P. 10155-10166. <https://doi.org/10.1039/c9ra10874b>

4. Raczkowska J., Stetsyshyn Y., Awsiuk K., Brzychczy-Włoch M., Gosiewski T., Jany B., **Lishchynskiy O.**, Shymborska Y., Nastyshyn S., Bernasik A., Ohar H., Krok F., Ochońska D., Kostruba A., Budkowski A. “Command” surfaces with thermo-switchable antibacterial activity. *Materials Science & Engineering C*. 2019. Vol. 103. P. 109806. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109806>

Тези доповідей на конференціях:

5. **Ліщинський О. Р.**, Скіртач А., Стецишин Ю. Б. Прищеплені полімерні «браші» модифіковані неорганічними наночастинками для клітинної інженерії.

International Scientific Conference “Modern Achievements in Food, Organic and Polymer Chemistry” is dedicated to the bright memory of Professor Stanislav Voronov. 24-26 October 2023, Lviv, Ukraine –P. 102.

6. **Ліщинський О. Р.**, Скіртач А., Стецишин Ю. Б. Прищеплені полімерні щітки з вбудованими наночастинками як перспективний матеріал у біомедицині. II міжнародна наукова конференція “Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів”. 20 May 2023, Dnipro, Ukraine – P. 46-47.

7. **Lishchynskiy O.**, Skirtach A.G., Stetsyshyn Y. Grafted polymer brushes as perspective coatings materials. XXIV International Conference for Students, PhD Students and Young Scientists «Modern Chemistry Problems». 17-19 May 2023, Kyiv, Ukraine –P. 175.

8. **Lishchynskiy O.**, Shymborska Y., Skirtach A.G., Stetsyshyn Y. Grafted polymer brushes with calcium carbonate nanoparticles. XV Ukrainian conference on macromolecules with international participation. 25-27 October 2022, Kyiv, Ukraine –P. 237.

9. Шимборська Я., **Ліщинський О.**, Стецишин Ю., Budkowski A. Температуро-чутливі полімерні наношар: синтез, властивості та застосування у наномедицині. XV Ukrainian conference on macromolecules with international participation. 25-27 October 2022, Kyiv, Ukraine –P. 163.

10. **Lishchynskiy O.**, Shymborska Y., Nastyshyn S., Skirtach A.G., Stetsyshyn Y. POEGMA based nanocomposite coatings with calcium carbonate nanoparticles. XXIII International Conference for Students, PhD Students and Young Scientists «Modern Chemistry Problems» 2022, 18-20 May 2022, Kyiv, Ukraine –P. 111.

11. Nastyshyn S., Stetsyshyn Y., **Lishchynskiy O.**, Raczkowska J. Protein corona of smart polymer brushes grafted to spherical nanosized silica nanoparticles: calorimetric insights on factors affecting the associations. XXIII International Conference for Students, PhD Students and Young Scientists «Modern Chemistry Problems» 2022, 18-20 May 2022, Kyiv, Ukraine –P. 113.

12. *Shymborska Y., Lishchynskiy O., Nastyshyn S., Stetsyshyn Y., Budkowski A.* Prospects for temperature-responsive polymer coatings in the field of biomedicine. XXIII International Conference for Students, PhD Students and Young Scientists «Modern Chemistry Problems» 2022, 18-20 May 2022, Kyiv, Ukraine –P. 117.

13. *Lishchynskiy O., Shymborska Y., Nastyshyn S., Skirtach A.G., Stetsyshyn Y.* Nanobiomaterials for advanced biocompatible coatings. XI International Scientific-Technical Conference «Advance in Petroleum and Gas Industry and Petrochemistry». Part - Polymeric materials, composites and nanocomposites, 16-20 May 2022, Lviv, Ukraine –P. 305.

14. *Lishchynskiy O., Stetsyshyn Y.* Biocompatible polymer nanocoatings with embedded inorganic nanoparticles for thermo-switchable biological activities. International Scientific Online Conference "Modern Advances in Organic Synthesis, Polymer Chemistry and Food Additives" in honor of Prof. Stanislav Voronov, dedicated to the 80th anniversary of birth. 7-8 December 2021, Lviv –P. 111.

15. *Lishchynskiy O., Stetsyshyn Y., Raczowska J., Awsiuk K., Abalymov A., Skirtach A.G., Shybanova Y., Budkowski A.* Whether is impact of the low concentration of the CaCO₃ nanoparticles embedded in non-fouling temperature-responsive POEGMA coatings on different cell lines? Nanobiotechnology for Cell Interfaces. 733. The Wilhelm und Else Heraeus-Seminar, 17-18 March 2021, German –P. 56.

16. *Lishchynskiy O., Kostenko M., Stetsyshyn Y.* Fabrication of the advanced temperature-responsive bioactive coatings. 2021 Global Nanobiotechnology Consortium (GNC) E-conference. 13 & 20 March 2021, USA - Microsoft Teams.

17. *Shymborska Y., Stetsyshyn Y., Lishchynskiy O., Nastyshyn S., Awsiuk K., Raczowska J., Donchak V., Budkowski A.* ‘Smart’ and promising antibacterial food-packaging material. Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials, 7-9 October 2020, Lviv, Ukraine –P. 100.

18. *Lishchynskiy O., Shymborska Y., Nastyshyn S., Shevtsova T., Kostenko M., Harhay K., Stetsyshyn Y.* Temperature-responsive grafted polymer brushes as packing

materials for food industry. Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials, 7-9 October 2020, Lviv, Ukraine –P. 98.

19. *Nastyshyn S., Stetsyshyn Y., Lishchynskiy O., Shymborska Y., Awsiuk K., Budkowski A., Raczkowska J.* Non-cytotoxic, thermo-switchable antibacterial coating based on metallic nanoparticles embedded in polymer brush for the glassy cookware. Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials, 7-9 October 2020, Lviv, Ukraine –P. 96.

20. *Nastyshyn S., Stetsyshyn Yu., Lishchynskiy O., Shymborska Y., Awsiuk K., Budkowski A., Raczkowska J.* Synthesis, characterization and biological applications of polymer grafted brushes and their metallic nanocomposites. XXII International Seminar on Physics and Chemistry of Solids, 17-19 June 2020, Lviv, Ukraine –P. 20.

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозиумах, семінарах тощо

Основні матеріали дисертаційної роботи представлялися та опубліковані у матеріалах конференцій та симпозиумів:

International Scientific Conference “Modern Achievements in Food, Organic and Polymer Chemistry” is dedicated to the bright memory of Professor Stanislav Voronov (Львів. 2023); II міжнародна наукова конференція “Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів” (Дніпро. 2023); XXIV International Conference for Students, PhD Students and Young Scientists «Modern Chemistry Problems» (Київ. 2023); XV Ukrainian conference on macromolecules with international participation (Київ. 2022); XXIII International Conference for Students, PhD Students and Young Scientists «Modern Chemistry Problems» (Київ. 2022); XI International Scientific-Technical Conference «Advance in Petroleum and Gas Industry and Petrochemistry». Part - Polymeric materials, composites and nanocomposites (Львів. 2022); International Scientific Online Conference "Modern Advances in Organic Synthesis, Polymer Chemistry and Food Additives" in honor of Prof. Stanislav Voronov, dedicated to the 80th anniversary of birth (Львів. 2021); 733. The Wilhelm und Else Heraeus-Seminar (Берлін. 2021); Global

Nanobiotechnology Consortium (GNC) E-conference (Нью-Йорк. 2021); Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials (Львів. 2020); XXII International Seminar on Physics and Chemistry of Solids (Львів. 2020).

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Результати, висвітлені у дисертації, можуть бути використані у науково-дослідній роботі, впроваджені у програми лекційних і лабораторних курсів Національного університету «Львівська політехніка», а також інших закладах вищої освіти України.

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Розроблено методи формування наночастинок прищеплених температурочувливих полімерних щіток, які містять у своїй структурі функціональні групи з високою спорідненістю до іонів металів для наступного формування неорганічних наночастинок у структурі полімерної матриці (на плоских поверхнях та дисперсних матеріалах). Отримані наночастинки прищеплених температурочувливих полімерних щіток зберігають температурочувливі властивості, при цьому вміщують неорганічні наночастинки певного розміру та форми. Отримані наночастинки впливають на клітини ссавців у залежності від клітинної лінії та здатні знищувати мікроорганізми тільки у певних операційних режимах.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України. Дисертація у цілому має логічну

структуру, яка визначається метою та етапами вирішення поставлених завдань. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел. Структура дисертації є обґрунтованою. Мова та стиль викладення матеріалу дисертації не викликають суттєвих зауважень.

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

11. З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри органічної хімії ухвалили:

11.1. Дисертація Ліщинського Остапа Романовича «Формування та властивості наночарів прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток з включеними неорганічними наночастинками» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання – розроблено наукові та практичні основи формування наночарів прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток з включеними неорганічними наночастинками, досліджено їхні властивості, що має важливе значення для галузі знань 10 *Природничі науки*.

11.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. У 20 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 4 статті, які входять до наукометричних баз даних Scopus або Web of Science.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Ліщинського Остапа Романовича дисертація «Формування та властивості наночарів прищеплених температуро-чутливих полімерних щіток з включеними неорганічними наночастинками» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	- двадцять шість
проти	- немає
утримались	- немає

Головуючий на науковому семінарі
кафедри органічної хімії,
д.х.н., професор,
професор кафедри органічної хімії

Володимир ДОНЧАК

Рецензенти:
д.х.н., професор,
професор кафедри органічної хімії

Ананій КОГУТ

д.х.н., професор,
професор кафедри органічної хімії

Ольга БУДШЕВСЬКА

Відповідальний
у ННІ за атестацію PhD
д.т.н., проф. кафедри хімічної інженерії

Володимир АТАМАНЮК

20.02.2025