

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової



Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації «Розроблення пластифікованих полілактид-
крохмальних матеріалів»**

здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

102 Хімія (галузь знань 10 Природничі науки)

Куліш-Пеленської Божени Ігорівни

наукового семінару кафедри хімічної технології переробки пластмас

Навчально-наукового інституту хімії та хімічних технологій

1. Актуальність теми дисертації.

Зростаючий попит на біодеградабельні полімерні матеріали з прогнозованими технологічними та експлуатаційними властивостями зумовлює актуальність розроблення ефективних підходів до модифікування природних полімерів, зокрема крохмалю. Нативний крохмаль має обмежену сумісність із термопластичними матрицями через свою гідрофільність, високу полярність та схильність до ретроградації, що значно ускладнює його переробку. У зв'язку з цим перспективним є застосування хімічного та фізико-хімічного модифікування, що включає ацетилювання та введення пластифікаторів різної природи — гліцерину й епоксидованої соєвої оливи — для регулювання міжмолекулярних взаємодій і

забезпечення сумісності з гідрофобними полімерами, зокрема полілактидом.

Включення модифікованого крохмалю до складу ПЛА-композицій сприяє керованому впливу на морфологію, кристалічність та швидкість деструктивних процесів у полімерній матриці. Додаткове введення мінеральних наповнювачів дозволяє регулювати дифузійні та сорбційні характеристики, що є важливим у контексті створення нових функціональних матеріалів. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю глибшого розуміння хімізму модифікаційних процесів, механізмів взаємодії компонентів та параметрів сумісності, що забезпечує обґрунтування напрямів створення перспективних композиційних матеріалів на основі модифікованого крохмалю та полілактиду.

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

Дисертаційне дослідження виконано на кафедрі хімічної технології переробки пластмас Національного університету «Львівська політехніка» в межах наукового напрямку, присвяченого вивченню теоретичних і прикладних основ одержання, модифікації, суміщення та переробки функціоналізованих полімерів, (ко)полімерів, полімерних (нано)композитів і гідрогелів, а також розроблення технологій формування виробів зі спеціальними характеристиками. Одержані результати були також використані при реалізації прикладних наукових досліджень за темами: “Основи технологій біосумісних термопластичних композитів із контрольованою біодеградацією та виробів на їх основі” (0122U000953, 2022-2023р.), а також “Високоадгезивні полімер-композитні покриття для захисту військової та цивільної техніки й конструкцій” (0124U000827, 2024-2026р.).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Особистий внесок здобувача полягає у здійсненні огляду науково-технічної літератури за тематикою дисертаційного дослідження, безпосередній участі у постановці наукової проблеми, формулюванні мети й завдань роботи, а також у проведенні експериментальних досліджень, обробці, інтерпретації та узагальненні отриманих результатів. Основні теоретичні положення та висновки

дисертації сформульовано за участю здобувача. Обговорення результатів, виконання дисертаційної роботи, підготовка публікацій та тез доповідей здійснювались у співпраці з науковим керівником.

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

Наукові положення та висновки, викладені у дисертаційній роботі, мають належне теоретичне обґрунтування, а їхня достовірність підтверджена узгодженими результатами теоретичних розрахунків і експериментальних досліджень. Усі висновки обґрунтовано на основі даних, отриманих із застосуванням стандартизованих, загальновизнаних методик.

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

- встановлено фізико-хімічні закономірності процесів одержання ацетильованого та пластифікованого (гліцерином і епоксидованою соєвою оливою) крохмалю; визначено умови, що забезпечують цілеспрямовану зміну його структурних і поверхневих характеристик;
- обґрунтовано доцільність хімічної модифікації крохмалю ацетилюванням; встановлено залежність ступеня заміщення (0,12–0,31) від параметрів реакції; підтверджено зниження гідрофільності та кристалічності;
- досліджено вплив гліцерину та епоксидованої соєвої оливи як пластифікаторів на реологічні властивості крохмалю; встановлено зниження в'язкості залежно від концентрації та підтверджено утворення міжмолекулярних взаємодій за ІЧ спектроскопією (зміщення смуг у діапазоні $1100\text{--}800\text{ см}^{-1}$);
- виявлено, що введення ЕСО до крохмалю сприяє гідрофобізації поверхні, зміні конформацій макромолекул та частковому руйнуванню амілозо-амілопектинової структури за рахунок перерозподілу міжмолекулярних зв'язків;
- визначено вплив вологовмісту на структуру крохмалю; доведено, що у

вологих зразках знижується енергія активації течії завдяки гідратації аморфної фази;

- вивчено морфологічні та структурні зміни у модифікованих крохмалях за результатами рентгеноструктурного аналізу та сканувальної електронної мікроскопії; зафіксовано зменшення кристалічності, аморфізацію і формування мікропористої поверхні;
- визначено параметри термодинамічної сумісності компонентів у системі ацетильований крохмаль–ПЛА–ДМСО за моделлю Флорі–Хагінса–Крігбаума; встановлено, що найкраща сумісність досягається за масового співвідношення ПЛА:крохмаль = 1:1;
- вперше виявлено взаємозв'язок між параметрами сумісності, гідрофільно-гідрофобними характеристиками та структурними властивостями композицій на основі ПЛА з модифікованим крохмалем і ЕСО;
- встановлено, що введення 25% модифікованого крохмалю сприяє зростанню коефіцієнта набрякання до 30,1%, а присутність 20% ЕСО — підвищенню біодеградації до 17,35% маси після 150 діб експозиції у ґрунті; показано, що зміни у водо- та вологопоглинанні, дифузійних параметрах і хімічній стійкості матеріалів узгоджуються зі структурними змінами в крохмалі, зумовленими ацетилюванням і пластифікуванням;

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Основні результати, отримані у процесі виконання дисертаційного дослідження, відображено у 16 наукових публікаціях. З них 2 статті опубліковано у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та Web of Science, 4 — у фаховому науковому журналі України, 2 розділах монографій, а також представлено 8 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав та у

*виданнях України, що індексовані в міжнародних науко метричних
базах даних (Scopus та Web of Science):*

1. Катрук Д.С., Левицький В.Є., Масюк А.С., Куліш-Пеленська Б.І., Кисіль Х.В., Ларук Ю.В. Вплив водних середовищ на стійкість модифікованих полілактидних матеріалів. Питання хімії та хімічної технології-2025-№1-С.4-12 <http://dx.doi.org/10.32434/0321-4095-2025-158-1-4-12> (Scopus та Web of Science). *Особистий внесок здобувача полягає у дослідженні впливу модифікаторів на сорбційні властивості композитів, аналізі кінетики водопоглинання, а також інтерпретації ІЧ-спектрів і механізмів міжмолекулярної взаємодії.*
2. Masiuk, A.S., Levitskyi, V.Y., **Kulish, B.I.**, D. I. Kechur, T. V. Humenetskyi & L. M. Bilyi. Physicomechanical and Thermophysical Characteristics of Starch Containing Polyactide Materials for 3D Printing. Mater Sci. - 2023. Vol. 58, - P. 554 – 559. <https://doi.org/10.1007/s11003-023-00698-y> (Scopus та Web of Science). *Особистий внесок полягає в участі у підборі модифікуючих компонентів для створення композитів, проведенні випробувань на водопоглинання та хімічну стійкість композиційних матеріалів, аналізі кінетичних кривих і розрахунку коефіцієнтів дифузії.*

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Куліш Б. І.**, Левицький Б., Масюк А. С., Левицький В. Є., Земке В. Особливості модифікування крохмалю для створення полімерних композитів. Хімія, технологія речовин та їх застосування. –2023. – Том 6, № 2. С. 145–149 <https://doi.org/10.23939/ctas2023.02.145> (фахове видання). *Особистий внесок полягав у дослідженні впливу пластифікаторів на в'язкість крохмальних систем також брала участь в аналізі сорбційних і спектроскопічних даних.*
2. Масюк А. С., Кечур Д. І., Кисіль Д. Б., **Куліш Б. І.**, Левицький В. Є. Фізико-хімічні взаємодії у пластифікованих крохмальних матеріалах. Хімія, технологія речовин та їх застосування. –2023. – Том 6, № 1. С. 124–130. <https://doi.org/10.23939/ctas2023.01.124> (фахове видання). *Особистий внесок здобувача полягав у експериментальних дослідженнях впливу гліцерину та епоксидованої соєвої оливи на реологічні та змочувальні властивості крохмальних*

матеріалів та активній участі в інтерпретації ІЧ спектроскопічних даних.

3. Левицький В. Є., Масюк А. С., Кечур Д. І., Куліш Б. І., Тараненко Б. П. Особливості переробки полілактидних композитів з використанням у 3D-друці: огляд. Хімія, технологія речовин та їх застосування. –2022. – Том 5, № 1. С. 147–159. <https://doi.org/10.23939/ctas2022.01.147> (фахове видання). *Особистий внесок здобувача полягає у активній участі в аналітичному опрацюванні наукових джерел щодо переробки полілактидних композитів, зокрема щодо впливу типів наповнювачів на властивості матеріалів.*

4. Куліш Б. І., Кечур Д. І., Масюк А. С., Левицький В. Є. Особливості впливу епоксидованої соєвої олії на властивості полілактидних матеріалів. Хімія, технологія речовин та їх застосування. –2022.– Том 5, № 2. С. 202–207. <https://doi.org/10.23939/ctas2022.02.202> (фахове видання). *Особистий внесок здобувача полягає у підготовці зразків, проведенні досліджень впливу епоксидованої соєвої оливи на властивості полілактидних композицій з крохмалем, а також участі в аналізі їх теплофізичних та реологічних характеристик.*

Розділи монографії

1. Masyuk A., Kechur D., **Kulish B.**, Levytskyi V. Polylactide starch-containing composites: preparation and properties. Advanced polymer materials and technologies: recent trends and current priorities. Collective Monograph / eds.: V. Levytskyi, V. Plavan, V. Skorokhoda, V. Khomenko. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2022. P. 184–191. *Особистий внесок полягає в проведенні досліджень впливу модифікованого крохмалю на структуру та сорбційні властивості композитів, а також узагальненні результатів щодо термостійкості й морфології матеріалів.*

2. **Kulish-Pelenska B.**, Levytskyi V., Katruk D., Masyuk A., Kysil K., Spišák E. Biodegradable polylactide materials containing starch: regularities of obtaining, structure and properties. Development and Testing of Innovative Solutions for the Processing of Hybrid Materials and Nanomaterials Using Artificial Intelligence Algorithms. Volume I. Collective Monograph / eds.: Ľudmila Dulebová, Volodymyr Krasinskyi. Košice: Technical University of Košice, 2024. P. 201–223. ISBN 978-80-

553-4741-7. *Особистий внесок здобувача полягає у дослідженні кінетики водопоглинання та аналізі структурних особливостей модифікованого крохмалю в композиційній системі.*

Тези доповідей та матеріали конференцій

1. **Куліш Б. І., Масюк А. С., Катрук Д. С., Кисіль Х. В., Левицький В. Є.** Вплив природи середовища і температури на стійкість полілактидних матеріалів. Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи: матеріали IV Всеукраїнської наукової конференції, 29 квітня 2020 р., Житомир. 2020. С. 207. *Особистий внесок здобувача полягав у підготовці до досліджень та опрацюванні одержаних результатів.*

2. **Куліш Б. І., Катрук Д. С., Масюк А. С., Кисіль Х. В., Левицький В. Є.** Особливості водопоглинання полілактидних матеріалів. Сучасні проблеми хімії: тези доповідей XXI Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 20–22 травня 2020 р., Київ. 2020. С. 238. *Особистий внесок здобувача полягає у проведенні досліджень та участі в обробці результатів.*

3. **Kulish B. I., Masyuk A., Kechur D., Levytskyi V.** Starch-Containing Polylactide Nanocomposites. Proceedings of the 2022 IEEE 12th International Conference "Nanomaterials: Applications and Properties", NAP 2022. 2022. *Особистий внесок здобувача полягає в участі у проведенні досліджень та обробці результатів*

4. Masyuk A., **Kulish B., Kechur D., Levytskyi V.** Polylactide-starch composites: obtaining, structure and properties. Innowacje w praktyce: abstrakty IX Ogólnopolskiej konferencji naukowej, Arena Lublin, 20–21 października 2022. 2022. С. 28. *Особистий внесок здобувача полягає в участі у проведенні досліджень та обробці результатів.*

5. **Куліш Б. І., Кечур Д. І., Кисіль Х. В., Масюк А. С., Левицький В. Є.** Пружно-пластичні властивості полілактидних композитів з неорганічними наповнювачами. XI Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості», 16–20 травня 2022 р., Львів. С. 317. *Особистий внесок здобувача полягає в участі у проведенні досліджень та обробці результатів.*

6. **Куліш-Пеленська Б. І., Левицький Б. В., Масюк А. С.** Закономірності використання ультразвуку для модифікування крохмалю. International Scientific and Practical Conference, Vancouver, Canada, 19–21 October 2023. С. 137–140 *Особистий внесок здобувача полягає в участі у проведенні досліджень та обробці результатів.*

7. **Куліш-Пеленська Б. І., Левицький Б. В., Масюк А. С., Катрук Д. С.** Полімерні матеріали на основі полілактидних матриць та крохмалю. XII Міжнародна науково-практична конференція “Modern Problems of Science, Education and Society”, 5–7 лютого 2024 р., Київ, Україна. С. 219–221. *Особистий внесок здобувача полягає в участі у проведенні досліджень та обробці результатів.*

8. **Куліш-Пеленська Б. І., Кечур Д. І., Катрук Д. С., Масюк А. С., Левицький В. Є.** Біодеградабельні полілактидні матеріали як інноваційне рішення для зниження негативного антропогенного впливу на навколишнє середовище. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: матеріали VIII Міжнародного конгресу, 16–18 жовтня 2024 р., Львів, Україна. 2024. С. 196 *Особистий внесок здобувача полягає в участі у проведенні досліджень та обробці результатів.*

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

Основні наукові положення, викладені в дисертації, були оприлюднені та обговорені на міжнародних і всеукраїнських конференціях, зокрема на таких: IV Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні задачі хімії» (м. Житомир, 2020), «Сучасні проблеми хімії» XXII Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Київ, 2020), IX Ogólnopolskiej konferencji naukowej «Innowacje w praktyce» (м. Люблін, 2022), XI Міжнародній науково-технічній конференції «Поступ в нафтогазопереробні та нафтохімічній промисловості» (м. Львів 2022), 12th International Conference "Nanomaterials: Applications and Properties" (2022), I International Scientific and Practical Conference (м. Ванкувер, 2023), XII Міжнародній науково-практичній

конференції “Modern problems of science, education and society” (м. Київ, 2024), збірник матеріалів VIII Міжнародного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 2024).

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

Результати наукової роботи щодо модифікування крохмалю та створення полілактидних композитів впроваджено в освітній процес на кафедрі хімічної технології переробки пластмас Національного університету «Львівська політехніка» під час викладання лекційного та лабораторного матеріалу для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» в межах дисципліни «Технологічні процеси синтезу і модифікування полімерів», а також для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» у рамках курсу «Основи хімії і фізико-хімії полімерів».

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

Результати проведених досліджень, зокрема щодо одержання модифікованого крохмалю, його суміщення з полілактидом і формування композиційних матеріалів із регульованими властивостями, були передані для впровадження у виробництво на ТОВ «Репласт» (м. Пустомити, Львівська область, Україна). Отримані результати також можуть бути використані на підприємствах, що спеціалізуються на переробці біополімерів та виробництві екологічної пакувальної продукції, зокрема ТОВ «Екопак» (м. Львів), ТОВ «УкрБіоПак» (м. Київ), ТОВ «БіоПластик» (м. Дніпро), ТОВ «ПолімерПак» (м. Івано-Франківськ).

9. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення
Дисертація включає вступ, п'ять основних розділів, підсумкові висновки, список використаних літературних джерел і додаток. Загальний обсяг роботи становить

215 сторінок. У тексті представлено 16 таблиць та 55 ілюстративних матеріалів. Бібліографічний список містить 156 джерела. На ілюстративні матеріали, таблиці, додаткові матеріали та перелік літератури припадає 29 сторінок загального обсягу. За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України.

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

10. З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри хімічної технології переробки пластмас Навчально-наукового інституту хімії і хімічних технологій ухвалили:

10.1. Дисертація Куліш-Пеленської Божени Ігорівни «Розроблення пластифікованих полілактид-крохмальних матеріалів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання: створення біокомпозиційних матеріалів з регульованими експлуатаційними властивостями хімічною та фізико-хімічною модифікацією крохмалю та оптимізацією його сумісності з полілактидом, що має важливе значення для галузі знань 10 Природничі науки.

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

10.3. У 8 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 4 статті у наукових фахових виданнях України; 2 статті у виданнях, що входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 2 розділи в колективних монографіях;

10.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «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).

10.5. 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.

10.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Куліш-Пеленської Б.І. дисертація «Розроблення пластифікованих полілактид-крохмальних матеріалів» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	шістнадцять
проти	-	немає
утримались	-	немає

Головуючий на науковому семінарі
кафедри ХТПП
директор ІХХТ, професор кафедри ХТПП
д.т.н., професор



Володимир СКОРОХОДА

Рецензенти:

д.т.н., проф., професор
кафедри ХТПП



Олександр ГРИЦЕНКО

д.т.н., доц., доцент
кафедри ХТПП



Володимир МОРАВСЬКИЙ

Відповідальний у ІХХТ за
атестацію PhD

к.т.н., доц. кафедри ХІ



Зоряна ГНАТІВ

" 13 " червня 2025р.