

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи



Доктор філософії, проф. Іван ДЕМИДОВ

«Львівська політехніка»

Доктор філософії, проф. Іван ДЕМИДОВ

06 2025 р.

Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації «Біоінженерні підходи до оптимізації процесів
отримання мікробних полімерів та сурфактантів»
здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
162 Біотехнології та біоінженерія
(галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія)**

Январьова Єгора

**наукового семінару кафедри технології біологічно активних сполук,
фармації та біотехнології**

Навчально-наукового інституту хімії та хімічних технологій

1.Актуальність теми дисертації

Сучасна біотехнологія та біоінженерія активно рухається у напрямку розвитку сталих рішень, які базуються на використанні мікроорганізмів для синтезу цільових сполук із високою доданою вартістю. Серед таких продуктів особливе місце посідають мікробні полімери та поверхнево-активні речовини (біосурфактанти). Їхні переваги — біодеградабельність, низька токсичність, широкий спектр біологічної активності та потенціал масштабування в різних промислових секторах, включаючи медицину, харчову промисловість, агротехнології та нафтовидобуток.

Незважаючи на високий науковий та прикладний інтерес до біогенних поверхнево активних речовин, використання класичних біотехнологічних підходів не забезпечує ефективного проектування умов культивування, які є критичними для підвищення продуктивності процесів. Біосинтез таких сполук тісно пов'язаний з особливостями росту бактерій, складом поживного середовища, співвідношенням джерел вуглецю та азоту, а також взаємодією між факторами. Проведення великої

кількості лабораторних експериментів для пошуку оптимальних умов є дороговартісним і часозатратним.

У цьому контексті біоінженерні підходи, що поєднують експериментальні дані з математичним моделюванням та методами машинного навчання, набувають особливого значення. Вони дають змогу кількісно описати біопроцеси, передбачити поведінку мікроорганізмів у різних умовах і оптимізувати вихід цільових метаболітів при мінімальних витратах. Особливої актуальності набувають інструменти, що здатні працювати з обмеженим числом експериментальних точок і враховувати взаємодію численних факторів. Вони також дають змогу оцінювати рівень прогнозованої невизначеності, що є важливим для планування подальших експериментів.

Таким чином, розробка інтегрованих біоінженерних підходів, що поєднують математичне моделювання з експериментальними даними, є актуальним завданням для сучасної біотехнології. Такі підходи сприяють підвищенню ефективності мікробного синтезу полімерів та сурфактантів, а також забезпечують можливість оптимізації процесів за допомогою сучасного інструментарію Data Science.

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

Дисертаційне дослідження виконане відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка» в рамках теми «Створення нових лікарських засобів фіто- та біопрепаратів» (№ держреєстрації 0119U101957).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів полягає у аналізі літературних джерел щодо біотехнологічних підходів синтезу біосурфактантів та мікробних полімерів; проведенні маркетингового дослідження світового та українського ринку біосурфактантів; обробці експериментальних даних, у тому числі їх перевірки та візуалізації; проектуванні архітектури обробки даних біотехнологічних процесів отримання цільових продуктів та реалізація моделей (RSM, Ridge-регресія, GPR) для опису і їх оптимізації. Проведено аналіз якості моделей, зокрема оцінку точності, LOOCV та оцінку невизначеності. Реалізовано підходи до оптимізації (однокритеріальної, багатокритеріальної, економічної) процесу біосинтезу. У співпраці з науковим керівником було сформульовано завдання дослідження, теоретично обґрунтовано методичні підходи та розроблено загальну концепцію і план проведення досліджень. Здійснено аналіз отриманих наукових даних, їх інтерпретацію, сформульовано остаточні висновки, а також підготовлено наукові публікації та доповіді.

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

Наукові положення, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, мають наукове обґрунтування та підтверджені високим рівнем достовірності. Ця достовірність забезпечена системним поєднанням результатів теоретичних узагальнень і експериментальних досліджень, які були проведені з використанням сучасних, стандартизованих і апробованих методик, що відповідають вітчизняним і міжнародним нормам. Усі сформульовані висновки базуються на ретельно опрацьованих експериментальних даних, що забезпечує високу наукову цінність і практичну значущість дослідження.

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

- Вперше застосовано три типи моделей: методологія поверхні відгуку (RSM), регуляризованої поліноміальної Ridge-регресії та регресії на основі гаусових процесів (GPR) — для оцінки відгуку біосинтезу цільових метаболітів на зміну вхідних параметрів середовища.
- Запропоновано застосування GPR-моделі для кількісного аналізу невизначеності у прогнозах та побудови карт очікуваного покращення (expected improvement), що раніше не використовувалось у дослідженні подібних біотехнологічних систем.
- Побудовано моделі з використанням функцій бажаності, які дозволяють проводити багатокритеріальну оптимізацію не лише з урахуванням продуктивності, а й вартості середовищ, що забезпечує кращу прикладну адаптацію результатів для умов реального виробництва.
- Проведено біоінженерну апробацію розроблених моделей на основі експериментальних даних, отриманих з використанням трьох штамів продуцентів — *B. subtilis* GSP16, *Pseudomonas* sp. PS-17 та *R. ruber* UCM Ac-288 — із подальшим порівнянням результатів оптимізації і визначенням ефективності кожного підходу.
- Запропоновано інтеграцію економічної моделі до загальної системи прогнозування, що дало змогу визначити компроміс між максимізацією продукції та мінімізацією витрат.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

За матеріалами дисертації опубліковано 7 публікацій. З них 3 статті, що входять до наукових фахових видань України, 4 тези доповідей на українських та міжнародних конференціях.

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Yanvarov Y. B., Havryliak V. V.** Biosurfactants: structure, functions and productions. *Biotechnologia Acta*. – 2022. – Vol. 15, No 6. – P. 26-35. doi.org/10.15407/biotech15.06.026. *Особистий внесок здобувача: аналіз літературних джерел, узагальнення та обробка одержаних результатів, формування висновків, підготовка статті.*

2. **Yanvarov Y. B., Havryliak V. V.** MODELING OF BIOSURFACTANT SYNTHESIS USING BACILLUS SPP. *Chemistry, Technology and Application of Substances*. – 2024. – Vol. 7, No. 1. – P. 177-182. doi.org/10.23939/ctas2024.01.177. *Особистий внесок здобувача: участь у постановці завдань та проведенні дослідження, обробка результатів дослідження, проведення in silico моделювання, формування висновків, підготовка статті до публікації*

3. **Yanvarov Ye. B., Havryliak V. V.** MARKET ANALYSIS OF MICROBIAL SURFACTANTS. *Biotechnologia Acta*. – 2024. – Vol. 17, No 5. – P. 5-13. doi.org/10.15407/biotech17.05.005. *Особистий внесок здобувача: аналіз літературних джерел, узагальнення та обробка одержаних результатів аналізу, узагальнення результатів, оформлення таблиць та графіків, підготовка статті.*

Тези доповідей та матеріали конференцій

4. **Январьов Є. Б., Гавриляк В. В.** Аналіз можливих математичних підходів до оптимізації мікробного синтезу екзополісахаридів та біосурфактантів // *Біологія тварин*. - 2022. - Т. 24, № 2 : тези доповідей XX Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої 90-річчю від дня народження доктора біологічних наук, професора, члена-кореспондента НААН, заслуженого діяча науки і техніки України Макара Івана Арсентійовича, 19 травня 2022 року, м. Львів. – С. 80. *Особистий внесок здобувача: участь у проведенні досліджень і обробці результатів.*

5. **Январьов Є. Б., Гавриляк В. В.** Використання методу поверхні відгуку у біотехнології // *Біологія тварин*. - 2023. - Т. 25, № 2 : Тези доповідей XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої 100-річчю від дня народження доктора біологічних наук, професора Василя Юхимовича Шавкуна, 18-19 травня 2023 року, м. Львів, Україна. – С. 82. *Особистий внесок здобувача: участь у проведенні досліджень і обробці результатів.*

6. **Январьов Є. Б., Гавриляк В. В.** Вибір математичних моделей для оптимізації отримання біосурфактантів у біотехнології // *Chemical and biopharmaceutical technologies: collection of scientific papers*. – 2023. – P. 147-148.

Особистий внесок здобувача: участь у проведенні досліджень і обробці результатів.

7. **Январьов Є. Б., Гавриляк В. В.** Модель Моно для оцінювання кінетики росту мікроорганізмів, які продукують поверхнево-активні речовини/ Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування : матеріали міжнародної наукової конференції, 25-26 квітня 2024 р. – 2024. – С. 81-82.
Особистий внесок здобувача: участь у проведенні досліджень і обробці результатів.

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

Результати досліджень були представлені на XX (2022) та XXI (2023) Всеукраїнських науково-практичних конференціях молодих вчених (м. Львів), де здобувач презентував результати аналізу математичних підходів до оптимізації мікробного синтезу біосурфактантів, а також застосування методології поверхні відгуку для опису біотехнологічних процесів. Окрему увагу було приділено вибору моделей для опису процесів отримання поверхнево-активних сполук, що висвітлено у матеріалах збірника “Chemical and Biopharmaceutical Technologies” (2023). Результати моделювання кінетики росту мікроорганізмів із використанням моделі Моно були представлені на міжнародній конференції “Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування” (м. Київ, 2024).

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

Розроблені адаптивні біоінженерні методології аналізу, моделювання та оптимізації процесів біосинтезу мікробних метаболітів застосовують у науковому та навчальному процесі на кафедрі технології біологічно активних речовин, фармації та біотехнологій Національного університету «Львівська політехніка», кафедрі біотехнології та радіології Львівського Національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, в лабораторії відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАН України.

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

Результати досліджень, зокрема використання біоінженерних підходів до оптимізації отримання біосурфактантів, зокрема економічної оптимізації,

підтверджено промисловими випробуваннями на ТзОВ «Карпатол» (Львівська область, Україна), а також можуть бути використані на аналогічних підприємствах.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертаційна робота складається з вступу, 6 розділів, висновків та списку використаної літератури. Матеріали дисертації викладені на 200 сторінках друкованого тексту, містять 31 рисунок, 11 таблиць, 178 посилання на роботи вітчизняних та зарубіжних авторів. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

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

З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Навчально-наукового інституту хімії та хімічних технологій ухвалили:

11.1. Дисертація Январьова Єгора Борисовича «Біоінженерні підходи до оптимізації процесів отримання мікробних полімерів та сурфактантів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання: розроблені біоінженерні підходи до оптимізації процесів синтезу мікробних полімерів і сурфактантів, що має важливе значення для галузі знань 16 *Хімічна та біоінженерія*.

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 7 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України; 4 тези доповідей – опублікованих на науково-практичних конференціях.

11.4. 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).

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 Январьова Є. Б. дисертація «Біоінженерні підходи до оптимізації процесів отримання мікробних полімерів та сурфактантів» рекомендується для подання до захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	тридцять два
проти	-	немає
утримались	-	немає

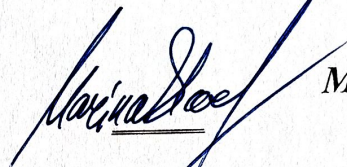
Головуючий на науковому семінарі
кафедри ТБСФБ
професор кафедри ТБСФБ,
д.х.н., професор

Рецензенти:

к.х.н., доц., доцент кафедри ТБСФБ

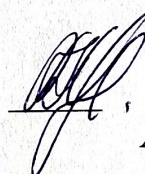
к.т.н., с.н.с., доцент кафедри ХТПП

Відповідальний у ІХХТ за атестацію PhD
к.фарм.н., доц., доцент кафедри ТБСФБ

 **Марина СТАСЕВИЧ**

 **Наталія МАРІНЦОВА**

 **Наталія СЕМЕНЮК**

 **Аеліта КРИЧКОВСЬКА**

"20" 05 2025 р.