«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор Інституту ботаніки
ім. М.Г. Холодного НАН України
чл.-кор. НАН України, д.б.н., проф.
Сергій МОСЯКІН

«_3_» _червня_ 2026 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 4
розширеного засідання відділу мікології
Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

від_25 травня_ 2026 р.

ПРИСУТНІ: д.б.н., проф. Гелюта В.П. (головуючий), д.б.н., проф. Бісько Н.А., д.б.н., с.н.с. Придюк М.П., д.б.н. Михайлова О.Б., к.б.н., с.н.с. Гайова В.П., к.б.н., с.н.с. Андріанова Т.В., к.б.н., с.н.с. Митропольська Н.Ю., к.б.н. Аль-Маалі Г.А., к.б.н. Ломберг М.Л., к.б.н. Шевченко М.В., д.ф. Атаманчук А.Р., д.ф. Богославець О.М. (секретар засідання), асп. Бондарук С.В., асп. Кернер А.О. (*відділ мікології*), к.б.н. Нипорко С.О. (*відділ фікології, ліхенології та бріології*).

Порядок денний:

1. Наукова доповідь Світлани Володимирівни Бондарук «*Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів*».

СЛУХАЛИ:

1. Наукову доповідь Світлани Володимирівни Бондарук «*Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів*» – апробація на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 09 Біологія за спеціальністю 091 Біологія.

Дисертаційна робота виконувалась у відділі мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.

Науковий керівник: Аль-Маалі Галеб Аднанович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.

Тема дисертації: «*Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів*», затверджена на засіданні вченої ради Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, протокол № 16 від 20 грудня 2022 року.

УХВАЛИЛИ:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Світлани Володимирівни Бондарук «*Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів*».

ВИСНОВОК

відділу мікології
Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації
Світлани Володимирівни Бондарук
на тему
«Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 09 Біологія спеціальності 091 Біологія

Обґрунтування вибору теми дисертаційного дослідження

Зважаючи на розширення переліку абруднювачів, що викликають занепокоєння (стійкі хімічні сполуки, пестициди та активні фармацевтичні інгредієнти) та накопичення цих речовин у навколишньому середовищі, дослідження здатності міцелію чистих культур базидієвих грибів до біотрансформації різноманітних біологічно активних речовин є актуальним. Міцелій базидієвих грибів є досить ефективним у видаленні забруднюючих речовин, що характеризуються складною хімічною структурою, у тому числі поліциклічних ароматичних вуглеводнів та хлорвмісних сполук, яких стає все

більше серед представлених на ринку пестицидів та лікарських засобів. Проте, незважаючи на широке різноманіття видів дереворуйнівних базидієвих грибів, лише для вузького переліку їх представників проведено дослідження із впливу грибного міцелію на ксенобіотики, однак ефективні результати біотрансформації цих сполук представниками базидієвих грибів свідчать про необхідність розширення переліку видів та/або штамів базидієвих грибів, здатних до перетворення різноманітних забруднювачів навколишнього середовища різної хімічної будови.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами. Робота виконана у відділі мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України та пов'язана з науково-дослідними темами відділу № 468 «Біологічна активність штамів колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ІВК (№ державної реєстрації – 0120U101111)» та № 492 «Наукові засади застосування чистих культур грибів колекції ІВК для біотрансформації синтетичних хімічних сполук та лікарської сировини рослинного походження (№ державної реєстрації – 0125U001329)»

Мета і завдання дослідження

Мета роботи – дослідити особливості процесу біотрансформації ксенобіотиків міцелієм представників базидієвих грибів під час їх глибинного культивування.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі **завдання**:

1. Верифікувати за допомогою методів молекулярної біології обрані для дослідження штами видів базидієвих дереворуйнівних грибів, виділені із хвойних порід деревини, що зберігаються в Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (ІВК).
2. Підібрати варіанти довготривалого зберігання міцелію обраних штамів видів базидієвих грибів із Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (ІВК).
3. Дослідити динаміку накопичення міцеліальної біомаси обраних штамів видів базидієвих грибів для визначення часу внесення

ксенобіотиків і провести підбір умов культивування для повільно зростаючих штамів.

4. Дослідити здатність міцелію базидієвих грибів до біотрансформації біциклічних амідів.
5. Оцінити здатність міцелію базидієвих грибів до біотрансформації 2,6- та 3,5-дихлораніліну.
6. Дослідити біотрансформацію активних фармацевтичних інгредієнтів міцелієм обраних штамів видів базидієвих грибів.
7. Здійснити дослідження біотрансформації адамантану міцелієм обраних штамів видів базидієвих грибів.

Об'єкт дослідження – біологічна властивість міцелію чистих культур базидієвих грибів.

Предмет дослідження – особливості біотрансформації біологічно активних речовин міцелієм 9 штамів 5 видів базидієвих грибів.

Основні методи дослідження. Для вирощування грибних культур використовували метод глибинного культивування. Для молекулярно-генетичних досліджень гени, що кодують внутрішній транскрибований спейсер ядерної рДНК (ITS), другу субодиницю РНК-полімерази II (RPB2) та специфічний фрагмент для представників роду *Ganoderma*, ампліфікували за допомогою полімеразної ланцюгової реакції з використання загальновживаних праймерів. Секвенування ампліфікованої ДНК проводили методом Сенгера. Філогенетичні дерева побудовано в MEGA v.12 за допомогою методів приєднання сусідів (Neighbour-Joining) і максимальної правдоподібності (Maximum Likelihood). Використання сучасних методів аналітичної та препаративної високоефективної рідинної хроматографії, газової та хіральної хроматографії, ядерно-магнітно-резонансної спектроскопії дозволило встановити склад та структуру речовин – продуктів біотрансформації різних ксенобіотиків, утворених під час росту міцелію досліджених штамів базидієвих грибів.

Наукова новизна отриманих результатів. Уперше проведено дослідження здатності міцелію дев'яти штамів п'яти видів базидієвих грибів до біотрансформації ряду ксенобіотиків різної хімічної будови, як аліфатичної, так і ароматичної природи. Це перше повідомлення про біотрансформацію ксенобіотиків з використанням міцелію штамів таких видів базидієвих грибів, як *Fomitopsis pinicola*, *Ganoderma sichuanense*, *Laricifomes officinalis* та *Schizophyllum commune*. Відзначено перспективність використання міцелію з метою отримання гідроксильованих метаболітів вихідних речовин, а також виявлено зменшення концентрації досліджуваних речовин у культуральній рідині за участі міцелію штамів зазначених видів базидієвих грибів.

Уперше проведено дослідження впливу зерна ячменю на довготривале зберігання міцелію дев'яти штамів п'яти видів дереворуйнівних базидієвих грибів при низькій температурі. Це перше повідомлення про кріозберігання міцелію штамів двох видів базидієвих грибів – *Fomitopsis pinicola* та *Ganoderma sichuanense*. Наведено нові дані про вплив додавання соняшникового лецитину на накопичення міцеліальної біомаси трьох штамів *Laricifomes officinalis* при глибинному культивуванні на рідкому живильному середовищі.

Практичне значення отриманих результатів. Було встановлено здатність міцелію усіх дев'яти штамів п'яти видів базидієвих грибів до біотрансформації досліджених ксенобіотиків. Вивчено шляхи біотрансформації досліджуваних сполук міцелієм базидієвих грибів. Одержані результати розширюють знання про властивості міцелію дереворуйнівних базидієвих грибів та можуть бути використані в біотехнології для отримання цінних метаболітів із використанням міцелію базидієвих грибів або для біоремедіації навколишнього середовища від забруднювачів.

Додатково, з метою забезпечення якості та сталості процесу біотрансформації, верифіковано методами молекулярної біології вісім штамів п'яти видів базидієвих грибів із Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (ІВК). Одержані нуклеотидні послідовності депоновано до міжнародної бази даних GenBank із присвоєнням номерів

доступу. Модифіковано метод довготривалого зберігання міцелію дев'яти штамів п'яти видів базидієвих грибів. Встановлено позитивний вплив додавання соняшникового лецитину до складу живильного середовища на збільшення концентрації біомаси трьох штамів *Laricifomes officinalis*, представлених у Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (ІВК). При цьому встановлено скорочення тривалості глибинного культивування досліджених штамів *L. officinalis* удвічі порівно із стандартною процедурою їх глибинного культивування. Вказані результати можуть бути використані в біотехнологічних процесах, пов'язаних як з біотрансформацією, так і з більшим переліком завдань, метою яких може бути отримання біомаси досліджених штамів або цінних біологічно активних речовин.

При виконанні роботи біоетичні норми не були порушені.

Особистий внесок здобувача. Робота є самостійним дослідженням здобувача. Дисертанткою проведено аналіз наукової літератури за темою дисертаційного дослідження, виконано основну частину експериментальних досліджень, проведено обробку та аналіз отриманих результатів, сформульовано основні положення та висновки. Результати досліджень відображені в публікаціях та дисертації. Дисертаційна робота Світлани Володимирівни Бондарук є результатом самостійних досліджень і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані результати та ідеї інших авторів мають відповідні посилання.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації представлені та обговорені на засіданнях відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, IV Науково-практичній конференції «PLANTA+. Наука, практика та освіта» з міжнародною участю (Київ, 2023), Міжнародній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми ботаніки та екології» (Івано-Франківськ, 2023; Київ, 2025) та Biotrans 17th International Symposium on Biocatalysis and Biotransformations (Базель, 2025).

Повнота викладення матеріалів у роботах, опублікованих автором. Результати дисертації опубліковані в 7 наукових працях, зокрема двох статтях у виданні, що індексується у базі Scopus, одній статті в науковому фаховому виданні України та чотирьох матеріалах доповідей конференцій. Матеріали, опубліковані в співавторстві, мають пропорційний внесок здобувача. Права співавторів не порушені.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у наукових виданнях, що індексовані у наукометричній базі даних Scopus

1. **Bondaruk S.V.**, Korzh R.A., Al-Maali G.A. 2025. Biotransformation of xenobiotics by mycelium of *Laricifomes officinalis* (*Polyporales, Basidiomycota*). *Ukrainian Botanical Journal*, 82(4): 336–344. https://doi.org/10.15407/ukrbotj82.04.336

Внесок авторів: С.В. Бондарук – концептуалізація, одержання експериментальних даних та їх аналіз, написання оригінального рукопису; Р.А. Корж – проведення аналітичної хроматографії, Г.А. Аль-Маалі – концептуалізація, методологія, редагування, фінальне затвердження рукопису.

2. **Bondaruk S.V.,** Bulava S.O., Korzh R.A., Lesyk D.S., Polovynko V.V., Fedyk A.V., Al-Maali G.A. 2025. Biotransformation of 2,6-dichloroaniline and 3,5-dichloroaniline by the mycelium of basidiomycetes. *Ukrainian Botanical Journal*, 82(6): 594–603. https://doi.org/10.15407/ukrbotj82.06.594

Внесок авторів: С.В. Бондарук – концептуалізація, одержання експериментальних даних та їх аналіз, написання оригінального рукопису; С.О. Булава – допомога у проведенні експериментального дослідження; Р.А. Корж – проведення аналітичної хроматографії; Д.С. Лесик – проведення препаративної хроматографії; В.В. Половинка – проведення ЯМР-спектроскопії; А.В. Федик – синтез речовин; Г.А. Аль-Маалі – концептуалізація, методологія, редагування, фінальне затвердження рукопису.

Статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України

1. **Бондарук С.,** Аль-Маалі Г. 2025. Вплив субстрату на кріозберігання міцелію дереворуйнівних базидіоміцетів. *Chornomorski Botanical Journal*, 21(4), 330–337. https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2025-21-4-2

Внесок авторів: С.В. Бондарук – концептуалізація, одержання експериментальних даних та їх аналіз, написання оригінального рукопису; Г.А. Аль-Маалі – концептуалізація, методологія, редагування, фінальне затвердження рукопису.

Публікації у матеріалах доповідей наукових конференцій

1. **Бондарук С.В.**, Булава С.О., Аль-Маалі Г.А. 2022. Дослідження біотрансформації дихлоранілінів базидієвими грибами. *Матеріали IV Науково-практичної конференції PLANTA+. Наука, практика та освіта з міжнародною участю,* 1 (с. 156–157).

Особистий внесок: одержання експериментальних даних, їх аналіз, підготовка тексту тез.

2. **Бондарук С.В.**, Булава С.О., Аль-Маалі Г.А. 2023. Дослідження біотрансформації адамантану чистими культурами базидієвих грибів. *Матеріали міжнародної конференції молодих учених «Актуальні проблеми ботаніки та екології».* (с. 49).

Особистий внесок: одержання експериментальних даних, їх аналіз, підготовка тексту тез.

3. Al-Maali G., Volovenko O., Lesyk D., Korzh R., **Bondaruk S.**, Velbovets A., Fedyk A., Borysko P., Ryabukhin S., Volochnyuk D. 2025. Biotransformation of bicyclic amides by *Cunninghamella elegans*. *Biotrans 17th International Symposium on Biocatalysis and Biotransformations*. (p. 192).

Особистий внесок: одержання експериментальних даних, їх аналіз.

4. **Bondaruk S.V.**, Korzh R.A., Al-Maali G.A. 2025. The biotransformation of naproxen by the mycelium of wood decay basidiomycetes.

Матеріали міжнародної конференції молодих учених «Актуальні проблеми ботаніки та екології». (с. 58).

Особистий внесок: одержання експериментальних даних, їх аналіз, підготовка тексту тез.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень і рекомендацій. Наукові положення дисертації добре обґрунтовані. Обсяг даних, методичний рівень досліджень та теоретичні узагальнення, що лежать в основі дисертаційної роботи, забезпечують високий рівень достовірності та обґрунтованості наукових положень, підтверджуючи висновки автора.

Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту. За змістом дисертаційна робота Світлани Володимирівни Бондарук «Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів» повністю відповідає спеціальності 091 Біологія, оскільки ґрунтується на дослідження здатності міцелію базидієвих грибів до біотрансформації біологічно активних речовин, що відображає особливості фізіології та біохімії грибів як групи живих організмів. У роботі представлено нові наукові та практично значущі результати, які стосуються одного з сучасних напрямів біології, зокрема експериментальної мікології.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертація виконана фаховою українською мовою, подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

2. Констатувати, що дисертаційна робота Світлани Володимирівни Бондарук «Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів» за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів відповідає галузі знань 09 Біологія спеціальності 091 Біологія та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261 (у

редакції постанови Кабінету Міністрів України від 8 квітня 2026 р. №426), та Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 3 травня 2024 р. № 507).

3. Рекомендувати дисертацію Світлани Володимирівни Бондарук «Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів» до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 09 – «Біологія» за спеціальністю 091 – «Біологія».

4. Рекомендувати вченій раді Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України затвердили склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

ХОДОСОВЦЕВ Олександр Євгенович, член-кореспондент НАН України, доктор біологічних наук (03.00.21 – мікологія), професор, провідний науковий співробітник лабораторії ліхенології та бріології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного.

Рецензенти:

ПРИДЮК Микола Павлович, доктор біологічних наук (03.00.21 – мікологія), провідний науковий співробітник відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного.

ШЕВЧЕНКО Марія Василівна, кандидат біологічних наук (03.00.21 – мікологія), наукова співробітниця відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного.

Офіційні опоненти:

СУХОМЛИН Марина Миколаївна, доктор біологічних наук (03.00.21 – мікологія), професор, в. о. директора Інституту еволюційної екології НАН України, провідна наукова співробітниця відділу динаміки популяцій Інституту еволюційної екології НАН України.

ДЖАГАН Вероніка Володимирівна, кандидат біологічних наук (03.00.21 – мікологія), доцент кафедри біології рослин ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Головуючий на засіданні,
зав. відділу мікології,
д.б.н., проф. Василь ГЕЛЮТА

Секретар відділу,
науковий співробітник
відділу мікології,
д.ф. Остап БОГОСЛАВЕЦЬ