

Голові разової спеціалізованої  
вченої ради Тернопільського  
національного педагогічного  
університету імені  
Володимира Гнатюка  
професору Оксані БОДНАР

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора біологічних наук, професора,  
завідувача кафедри молекулярної біології та біотехнології Харківського  
національного університету імені В.Н. Каразіна

**Божкова Анатолія Івановича**

на дисертаційну роботу **Юнко Катерини Богданівни**

«Порівняльне дослідження системи окисно-відновного гомеостазу  
двостулкових молюсків *Unio tumidus* та *Mytilus galloprovincialis* за впливу  
на організм психоактивних препаратів та мікропластику водного  
середовища»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за  
спеціальністю 091 – «Біологія» з галузі знань 09 – «Біологія».

Упродовж останніх десятиліть проблема антропогенного забруднення водних екосистем набула глобального характеру та стала однією з найважливіших екологічних загроз сучасності. Особливе занепокоєння викликає поява нових груп забруднювачів, які ще донедавна не розглядалися як суттєві екотоксикологічні чинники. До таких речовин належать фармацевтичні препарати, зокрема психоактивні сполуки, а також мікропластик, концентрація якого у природних водоймах неухильно зростає внаслідок масштабного виробництва та використання полімерних матеріалів.

Суттєвою особливістю сучасного екологічного навантаження є те, що водні організми зазвичай зазнають впливу не окремих токсикантів, а їх складних багатокомпонентних сумішей. У таких умовах класичні підходи до оцінки токсичності окремих забруднювачів часто не дозволяють адекватно прогнозувати наслідки для біоти. Особливої актуальності набувають дослідження комбінованого впливу психоактивних препаратів та мікропластику, здатного модифікувати біодоступність ксенобіотиків і суттєво змінювати характер біологічної відповіді організмів.

Важливим напрямом сучасної екотоксикології є пошук чутливих біомаркерів ранніх порушень фізіолого-біохімічного стану гідробіонтів. У цьому контексті двостулкові молюски є надзвичайно цінними модельними

об'єктами завдяки високій фільтраційній активності, здатності акумулювати широкий спектр забруднювачів та використовуватись у міжнародних програмах біомоніторингу водного середовища. Особливий інтерес становить вивчення реакцій системи окисно-відновного гомеостазу, яка є одним із ключових механізмів адаптації організмів до дії несприятливих факторів довкілля.

Необхідність поглибленого дослідження механізмів розвитку окисного стресу, функціонування антиоксидантної та детоксикаційної систем, стану низькомолекулярних тіолів, металотіонеїнів, лізосомальних структур та процесів апоптозу за впливу новітніх екологічних забруднювачів визначає високу наукову та практичну значущість дисертаційної роботи Юнко Катерини Богданівни.

Дисертаційна робота присвячена комплексному дослідженню особливостей функціонування системи окисно-відновного гомеостазу двох видів двостулкових молюсків — прісноводного виду *Unio tumidus* та морського виду *Mytilus galloprovincialis* — за умов окремого та комбінованого впливу психоактивних препаратів і мікропластику. Отримані результати суттєво розширюють сучасні уявлення про механізми адаптації гідробіонтів до мультистресових впливів та формують наукове підґрунтя для вдосконалення систем екологічного моніторингу водних екосистем.

Таким чином, дисертаційна робота Юнко Катерини Богданівни є актуальною як з фундаментальної, так і з прикладної точки зору, а результати виконаних досліджень мають важливе значення для розвитку сучасної екотоксикології, біохімії адаптаційних процесів та екологічного моніторингу.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності і оформлення.** Дисертаційна робота Юнко Катерини Богданівни є завершеним самостійним науковим дослідженням, виконаним на високому методичному та науковому рівнях. Робота логічно структурована, послідовно викладена та відповідає вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Дисертація складається з анотацій українською та англійською мовами, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, узагальнення результатів досліджень, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної тематики, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, наведено відомості про наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, охарактеризовано використані методичні підходи, особистий внесок здобувачки та форми апробації результатів досліджень.

У першому розділі проведено ґрунтовний аналіз сучасного стану проблеми щодо поширення психоактивних препаратів та мікропластику у

водному середовищі, їх екотоксикологічного значення та механізмів впливу на водні організми. Особливу увагу приділено сучасним уявленням про функціонування системи окисно-відновного гомеостазу, антиоксидантного захисту, ролі металотіонеїнів та біохімічних маркерів стресу у двостулкових молюсків. Представлений літературний огляд свідчить про високий рівень обізнаності здобувачки з сучасними досягненнями світової науки та вміння критично аналізувати наукові джерела.

У другому розділі детально охарактеризовано матеріали та методи дослідження. Наведено характеристику експериментальних об'єктів, умови проведення експозицій, методики визначення показників окисно-відновного стану, ферментативної активності, параметрів металотіонеїнової системи, маркерів окисного пошкодження біомолекул та стабільності лізосомальних мембран. Застосовані методичні підходи відповідають сучасному рівню біохімічних та екотоксикологічних досліджень і є адекватними поставленим завданням.

Третій розділ присвячений дослідженню впливу хлорпромазину на фізіолого-біохімічний стан двостулкових молюсків. Встановлено особливості функціонування антиоксидантної системи, показано зміни глутатіонового пулу, процесів перекисного окиснення ліпідів та білків, а також реакції металотіонеїнової системи за дії нейрорлептика.

У четвертому розділі наведено результати дослідження впливу кофеїну як одного з найпоширеніших психоактивних забруднювачів водного середовища. Отримані дані дозволили встановити специфіку біохімічних відповідей морських та прісноводних двостулкових молюсків на дію цієї сполуки та оцінити ступінь залучення компонентів системи окисно-відновного гомеостазу до адаптаційних реакцій організму.

П'ятий розділ присвячений аналізу комбінованого впливу психоактивних препаратів та мікропластику. Саме цей розділ становить особливий науковий інтерес, оскільки дозволяє оцінити ефекти мультистресового навантаження, характерного для реальних умов існування гідробіонтів. Авторкою встановлено низку нових закономірностей щодо зміни біохімічних показників за умов поєднаного впливу ксенобіотиків та мікропластику.

У шостому розділі проведено узагальнення результатів із застосуванням інтегральних підходів до оцінки токсичних ефектів та визначено найбільш інформативні біомаркери екологічного стресу для досліджуваних видів молюсків.

Узагальнення результатів та висновки логічно випливають із представленого експериментального матеріалу, повністю відповідають поставленим завданням і відображають основні наукові результати роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Дисертаційна робота Юнко Катерини Богданівни виконана на кафедрі загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені

Володимира Гнатюка в межах науково-дослідних робіт, спрямованих на вивчення механізмів адаптації водних організмів до дії природних та антропогенних чинників середовища, оцінку екотоксикологічних ефектів новітніх забруднювачів та розроблення підходів до біомоніторингу водних екосистем.

Тематика дисертаційного дослідження безпосередньо пов'язана з науковими напрямами кафедри та відповідає сучасним пріоритетам розвитку екологічної біохімії, екотоксикології та гідроекології. Виконання роботи здійснювалося у рамках міжнародного наукового співробітництва із закордонними науковими центрами та університетами, що підтверджується спільними публікаціями здобувачки у високорейтингових міжнародних наукових виданнях.

Результати досліджень є складовою комплексних робіт, присвячених вивченню біохімічних механізмів адаптації двостулкових молюсків до впливу психоактивних речовин, мікропластику та інших новітніх забруднювачів водного середовища, а також розробленню біомаркерних підходів для оцінки екологічного стану водних екосистем.

Отримані результати органічно інтегруються у сучасний напрям досліджень екотоксикологічних ризиків антропогенного забруднення водойм та мають важливе значення для розвитку фундаментальних і прикладних досліджень у галузі біології.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Аналіз змісту дисертаційної роботи, представлених експериментальних результатів та опублікованих наукових праць здобувачки свідчить про високий рівень обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наукові результати отримані на основі комплексного підходу до вирішення поставлених завдань, що включав поєднання сучасних біохімічних, фізіологічних, екотоксикологічних та статистичних методів дослідження. Обрані методичні підходи повністю відповідають меті роботи та забезпечують належний рівень достовірності отриманих результатів.

Обґрунтованість і достовірність результатів підтверджується:

- чітким формулюванням мети та завдань дослідження, які послідовно реалізовані у всіх розділах дисертаційної роботи;

- використанням двох біологічних моделей — прісноводного молюска *Unio tumidus* та морського молюска *Mytilus galloprovincialis*, що дозволило провести порівняльний аналіз реакцій представників різних типів водних екосистем;

- застосуванням сучасних методів визначення показників окисно-відновного гомеостазу, антиоксидантного захисту, активності ферментів детоксикації, стану глутатіонової системи, металотіонеїнового комплексу, лізосомальної стабільності та маркерів окисного пошкодження біомолекул;

- достатнім обсягом експериментального матеріалу та багаторазовим повторенням дослідів, що забезпечило статистичну надійність отриманих результатів;

- використанням сучасних методів математичної обробки даних та коректним застосуванням статистичних критеріїв для оцінки вірогідності встановлених закономірностей;

- комплексним аналізом отриманих результатів із залученням значного масиву сучасних літературних джерел, переважна більшість яких представлена публікаціями останніх років у провідних міжнародних наукових виданнях;

- логічним взаємозв'язком між отриманими результатами, їх обговоренням та сформульованими висновками;

- відповідністю висновків фактичному матеріалу дисертації та поставленим завданням дослідження.

Важливо відзначити, що авторкою вперше проведено комплексне дослідження впливу психоактивних препаратів хлорпромазину та кофеїну за умов їх окремої та комбінованої дії з мікропластиком на систему окисно-відновного гомеостазу двостулкових молюсків. Отримані результати дозволили встановити нові закономірності функціонування антиоксидантних і адаптаційних механізмів у представників морських та прісноводних екосистем, що суттєво підвищує наукову цінність роботи.

Достовірність результатів також підтверджується їх широкою апробацією на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях, а також публікацією основних положень дисертації у фахових наукових виданнях та міжнародних журналах, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus.

Таким чином, наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі Юнко Катерини Богданівни, є належним чином обґрунтованими, достовірними та повністю відповідають сучасному рівню розвитку біологічної науки.

**Практична значимість результатів дисертаційного дослідження.** Результати дисертаційної роботи Юнко Катерини Богданівни мають важливе теоретичне та практичне значення для розвитку сучасної екотоксикології, екологічної біохімії, фізіології адаптаційних процесів та систем біологічного моніторингу водних екосистем.

Проведені дослідження суттєво розширюють сучасні уявлення про механізми функціонування системи окисно-відновного гомеостазу двостулкових молюсків за умов впливу новітніх екологічних забруднювачів, зокрема психоактивних препаратів та мікропластику. Отримані результати дозволяють глибше зрозуміти особливості формування адаптаційних реакцій організму на дію складних багатокомпонентних токсичних сумішей, які є характерними для сучасних водних екосистем.

Практична цінність роботи полягає у встановленні комплексу найбільш інформативних біохімічних маркерів, які можуть бути використані для оцінки екологічного стану природних водойм та раннього виявлення негативних наслідків антропогенного навантаження. Запропоновані підходи можуть бути використані при проведенні екологічного моніторингу поверхневих вод, оцінці екотоксикологічних ризиків та прогнозуванні наслідків забруднення водного середовища новітніми ксенобіотиками.

Особливого практичного значення набувають результати досліджень комбінованого впливу психоактивних препаратів та мікропластику, оскільки саме такий характер забруднення найбільшою мірою відповідає реальним умовам функціонування сучасних водних екосистем. Отримані дані можуть бути використані при вдосконаленні методичних підходів до оцінки екологічної небезпеки новітніх забруднювачів та формуванні науково обґрунтованих рекомендацій щодо контролю їхнього поширення у навколишньому середовищі.

Важливим практичним результатом роботи є поглиблення наукових засад використання двостулкових молюсків *Unio tumidus* та *Mytilus galloprovincialis* як біоіндикаторних організмів для оцінки стану водних екосистем. Встановлені авторкою закономірності можуть бути використані при розробленні та вдосконаленні систем біоіндикації й біомоніторингу прісноводних і морських водойм.

Практичне значення дисертаційної роботи підтверджується також отриманням патенту України на корисну модель «Спосіб біоіндикації загальної токсичності водних екосистем», у розробленні якого брала участь здобувачка. Це свідчить про можливість практичного впровадження результатів проведених досліджень у сфері екологічного контролю та оцінки якості водного середовища.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані у науково-дослідній діяльності установ екологічного, біологічного та природоохоронного профілю, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти при викладанні дисциплін «Екотоксикологія», «Екологічна біохімія», «Гідроекологія», «Фізіологія тварин», «Біологічний моніторинг довкілля», «Молекулярна екологія» та інших спеціальних курсів біологічного спрямування.

Таким чином, результати дисертаційного дослідження мають безперечну практичну значущість, характеризуються високим рівнем наукової цінності та можуть бути використані як у фундаментальних дослідженнях, так і в прикладних роботах, спрямованих на оцінку та збереження екологічного стану водних екосистем.

**Повнота викладення наукових положень та висновків у опублікованих працях.** Основні наукові положення, результати досліджень та висновки дисертаційної роботи Юнко Катерини Богданівни

достатньою мірою висвітлені в опублікованих наукових працях і повністю відображають зміст проведеного дисертаційного дослідження.

За матеріалами дисертації авторкою опубліковано наукові праці, серед яких статті у міжнародних наукових виданнях, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus (5 статей), публікації у фахових наукових виданнях України (2 статті), матеріали та тези доповідей міжнародних і всеукраїнських наукових конференцій (6 тез), а також отримано патент України на корисну модель. Загальний обсяг та рівень наукових публікацій повністю відповідають вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

У наукових статтях висвітлено результати досліджень впливу психоактивних препаратів та мікропластику на фізіолого-біохімічний стан двостулкових молюсків, особливості функціонування системи окисно-відновного гомеостазу, антиоксидантного захисту, металотіонеїнового комплексу, процесів окисного пошкодження біомолекул та адаптаційних механізмів за умов антропогенного навантаження.

Представлені у публікаціях результати логічно відображають усі етапи виконання дисертаційного дослідження – від постановки наукової проблеми та обґрунтування методичних підходів до аналізу отриманих результатів і формулювання узагальнюючих висновків. Основні положення, які визначають наукову новизну роботи, знайшли належне відображення в опублікованих працях та пройшли апробацію у науковому середовищі.

Результати дисертаційного дослідження неодноразово доповідалися та обговорювалися на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях, симпозіумах та науково-практичних форумах, що сприяло їх фаховому обговоренню та підтверджує належний рівень апробації роботи.

Особливо слід відзначити публікацію результатів дослідження у міжнародних рецензованих виданнях, що індексуються в базі даних Scopus. Це свідчить про актуальність виконаних досліджень, високий науковий рівень отриманих результатів та їх відповідність сучасним тенденціям розвитку світової біологічної науки.

Аналіз опублікованих праць дає підстави стверджувати, що основні наукові положення, результати та висновки дисертаційної роботи Юнко Катерини Богданівни повною мірою викладені в наукових публікаціях авторки, а обсяг і якість оприлюднених результатів відповідають чинним вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

**Дотримання академічної доброчесності та оформлення тексту дисертації.** За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

Дисертація Юнко К. Б. «Порівняльне дослідження системи окисно-відновного гомеостазу двостулкових молюсків *Unio tumidus* та *Mytilus galloprovincialis* за впливу на організм психоактивних препаратів та

мікропластику водного середовища» відповідає всім вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21 березня 2022 р.). Дисертація оформлена згідно з вимогами Наказу МОН України від 17.01.2017 року № 40. Загалом дисертаційна робота Юнко Катерини Богданівни є завершеним дослідженням, яке містить наукову новизну та практичне значення.

#### **Дискусійні питання та зауваження до змісту дисертації.**

**Принципових зауважень у мене немає, проте є кілька дискусійних питань:**

1. Як Ви пояснюєте специфічну залежність біотрансформації ксенобіотиків?
2. На Вашу думку, яким чином можуть змінюватися механізми біотрансформації ксенобіотиків після їх вилучення із середовища, тобто яка буде поведінка метаболічних систем у подальшій динаміці?
3. Поясніть роль лізосом у формуванні видової специфічності апоптотичного каскаду.
4. У двох видів молюсків Ви виявили протилежні стратегії на рівні металотіонеїнів. Будь ласка, детальніше поясніть особливості цих стратегій та їхню роль у процесах адаптації.

В цілому, ці зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи та отриманих результатів досліджень.

#### **Загальний висновок щодо дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Юнко Катерини Богданівни «Порівняльне дослідження системи окисно-відновного гомеостазу двостулкових молюсків *Unio tumidus* та *Mytilus galloprovincialis* за впливу на організм психоактивних препаратів та мікропластику водного середовища» є актуальним і завершеним науковим дослідженням, має наукову новизну і практичну значимість.

За темою, змістом і обсягом дисертаційна робота відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «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 12.01.2022 р. № 44).

Враховуючи актуальність дисертаційного дослідження, обґрунтованість наукових положень і висновків, фундаментальну новизну і практичну значимість дисертаційної роботи, а також дотримання академічної доброчесності, що підтверджено відповідними документами, вважаю, що авторка роботи Юнко Катерина Богданівна заслуговує на

присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 09 – «Біологія» за спеціальністю 091 – «Біологія».

Офіційний опонент:

доктор біологічних наук, професор,  
завідувач кафедри молекулярної  
біології та біотехнології  
біологічного факультету  
Харківського національного  
університету імені В.Н. Каразіна



А.І. БОЖКОВ

