

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Тернопільського національного педагогічного  
університету імені Володимира Гнатюка



Богдан БУЯК

(підпис)

М.П.

**АНОТОВАНИЙ ЗВІТ**  
**про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту**  
**із виконання наукових досліджень і розробок**  
**«Розробка методології інтегральної оцінки біобезпеки забруднення оточуючого**  
**середовища пестицидами для цільових та нецільових організмів»**

Назва конкурсу: «Підтримка досліджень провідних та молодих учених»

Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0270

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок 2020.02/0270  
“Розробка методології інтегральної оцінки біобезпеки забруднення оточуючого середовища пестицидами для цільових та нецільових організмів”

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених», протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

## 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2022 рік

Тривалість виконання Проєкту у 2021 році

Початок – 30 квітня 2021 р  
(дата укладання Договору про виконання наукового дослідження і розробки)

Закінчення – 15 грудня 2021 р

Загальна вартість Проєкту, грн. 9 462 550

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 2 000 000

2-й рік 4 432 500

3-й рік 3 030 050

## 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 10 виконавців, з них:

доктори наук 2;

кандидати наук 3;

інші працівники 5.

## 3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

Субвиконавець не залучається

## 4. ОПИС ПРОЄКТУ

### 4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Дослідження фізіологічних, біохімічних і молекулярних механізмів відповіді плодової мушки *Drosophila melanogaster*, планктонної ракоподібної дафнії *Daphnia magna* та коропової рибки *Danio rerio* до впливу широковживаних гербіцидів та інсектицидів за умов індивідуальної та комплексної дії.

### 4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

1. Визначити стан стресочутливих систем, метаболічний профіль та ознаки цитотоксичності хребетних на прикладі даніо до впливу широковживаних пестицидів.
2. Дослідити фізіологічні та біохімічні показники у дафнії за впливу пестицидів.
3. Встановити діапазон толерантності та молекулярні механізми адаптації комах на прикладі дрозофіли як цільових організмів до впливу інсектицидів та нецільових до впливу гербіцидів.
4. Порівняти системну відповідь нецільових дафнії, даніо та цільових організмів дрозофіли до впливу пестицидів та визначити ключові стратегії адаптації до них залежно від рівня еволюційного розвитку та екологічних потреб.
5. Визначити мінімальний набір маркерів стресу для оцінки токсичності для цільових і нецільових організмів та розробити на їх основі тест-систему для визначення рівня біобезпеки пестицидів.
6. Побудувати модель прогнозу можливих наслідків збільшення обсягів використання пестицидів для нецільових організмів з можливою екстраполяцією на вищих хребетних та людину.

### 4.3. Детальний зміст Проєкту:

#### - Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

За умов комплексного забруднення водойм, безпосереднє вимірювання хімічних речовин і їх похідних не є достатнім критерієм для оцінки новітніх небезпек, що особливо актуально для органічних забруднювачів, зокрема пестицидів. Стандартизовані панелі біомаркерів та тест-системи для оцінки такого впливу на довкілля та біоту відсутні. Особливо гострим є питання зростаючої небезпеки системної пошкоджувальної дії для нецільових організмів, у тому числі і людини.

#### - Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Запропонований проєкт спрямований на вирішення вищезазначених питань шляхом: і) визначення спільних та відмінних стратегій адаптації у дрозофіли та даніо/дафнії як цільових/нецільових організмів до негативної дії гербіцидів та інсектицидів за умов індивідуального та комплексного впливу, та ii) розробки прототипу тест-системи для експрес-діагностики біобезпеки пестицидів.

#### - Методологія дослідження (до 400 знаків)

Для дослідження обрано найбільш широковживані гербіциди та інсектициди (раундап, атразин, хлорпірифос та малатіон). Реакції цільових (*D. melanogaster*) та нецільових (*D. magna* і *D. rerio*) організмів до впливу пошкоджувальних чинників визначено на різних рівнях біологічної організації сучасними методами флуоресцентної мікроскопії, ПЛІР, флуоресцентного та ІФА аналізів, спектрофотометрії та мікроскопії.

## 5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

### 5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

За результатами реалізації Проєкту у 2021 році з'ясовано, що органофосфатні інсектициди викликають гострий оксидативний стрес у дафній. Про це свідчать збільшений вміст карбонільних груп білків, зниження рівня низькомолекулярних і високомолекулярних тіолвмісних сполук, зміни активностей супероксиддисмутази, каталази, глутатіонредуктази і глутатіонпероксидази.

Найбільш ефективним маркером гострої дії малатіону на дафнії вважається взаємозалежне зменшення вмісту низькомолекулярних тіолів і активності глутатіонредуктази. Щодо токсичних проявів гербіцидів, то найпомітнішими змінами у метаболічному профілі *D. magna* за їх дії було незначне збільшення активності каталази, рівня карбонільних груп білків та низькомолекулярних сульфідрильних груп, часткове зменшення кількості високомолекулярних тіолів, в межах контрольних значень відбувалося функціонування супероксиддисмутази. За допомогою пробітесту встановлено, що смертність 50% дафній від загальної кількості протягом 24 год (LC5024) для Раундапу становила 0,022 мг/л, Атразину – 40 мг/л, Фуфанону (діюча речовина Малатіон) – 0,033 мг/л, Нурелл-Д (діюча речовина Хлорпірифос) – 0,34 мкг/л. LC5048 – 0,0008 мг/л, 7 мг/л, 0,014 мг/л, 0,14 мкг/л для Раундапу, Атразину, Малатіону та Хлорпірифосу відповідно.

Водночас, високі концентрації досліджуваних гербіцидів та інсектицидів затримують заляльковування *D. melanogaster* та знижують рівень виживання яйце-личинка та личинка-імаго. Отримані результати щодо вмісту глюкози, глікогену і ТАГ свідчать про вплив споживання досліджуваних пестицидів на обмін вуглеводів та ліпідів у дорослих особин *Drosophila* на личинкових стадіях розвитку. У нашому дослідженні результати вказують на різницю в чутливості до пестицидів між личинками та імаго – виявлено негативний вплив на тривалість життя за дії атразину, малатіону та високих концентрацій раундапу. Зниження вмісту тіолів і перекисного окислення ліпідів може свідчити про те, що раундап не викликав значного окисного стресу в моделі дрозофіли, як й інсектициди малатіон та хлорпірифос також не проявляли значних прооксидантних властивостей. Окрім того, самки виявилися чутливіші до наявності малатіону у поживному середовищі, а самці чутливіші до хлорпірифосу.

На підставі інтегральної обробки даних було виділено показники, які з найбільшим ступенем вірогідності розподіляють групи тварин за впливу органофосфатних пестицидів. До них належать сивороткова активність лактатдегідрогенази данію, яка першочергово відкидає групи, які є найменш імпактними (контроль та малатіон екологічно релевантна концентрація), загальна антиоксидантна активність данію, концентрація карбонільних похідних білків та активність каталази дафнії, а також каспазна активність данію, які сепарують групи, що зазнали більш істотного ушкодження. Як бачимо, жоден з показників дрозофіли не ввійшов у класифікаційне дерево, що очевидно свідчить про неможливість використання організму, який є таргетним щодо певного чинника, для біоіндикації та оцінки токсичності за набором біомаркерів. Визначений набір біомаркерів може бути використаний для ранньої детекції небезпеки токсичного ушкодження живих організмів пестицидами та буде поданий для патентування. Разом з тим, для більш детального аналізу та визначення методів корекції негативного впливу необхідний мультимаркерний підхід, який включає показники ключових систем організму, що впливає з результатів дискримінантного аналізу.

За результатами виконання Проєкту у 2021 році опубліковано 2 статті у виданнях, які входять до наукометричної бази Scopus та подано і пройдено попереднє рецензування для 3 публікацій; 2 статті у фахових виданнях України категорії А і Б. Результати апробації проведених робіт висвітлені на міжнародних конференціях «XXIth International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021» та «Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters», матеріали яких будуть проіндексовані у базах Scopus та WoS та опубліковано 11 тез у збірниках Міжнародних та Всеукраїнських конференцій. Частина результатів використана для оформлення деклараційних патентів України на корисну модель (№ u2020 06532 – отримано, №№ u202102664 і u202106908 – подані до розгляду). Оформлено наукові звіти про проміжні результати реалізації Проєкту.

## **5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами**

Проведені нами дослідження дозволили заповнити окремі прогалини в теоретичних та практичних відомостях щодо визначення спільних та відмінних стратегій адаптації у дрозофіли, данію та дафнії як нецільових організмів до негативної дії гербіцидів (раундапу та атразину) та інсектицидів (хлорпірифосу і малатіону) за умов індивідуальної дії. Одержані на даний час результати, як частина цілісної картини завдань проєкту, нові та актуальні не лише в межах наукового простору України, але й за її межами, відповідають світовим екотоксикологічним стандартам. Вони дають поштовх до пошуку біосорбентів або менш токсичних аналогів гербіцидів та, особливо, інсектицидів, які проявили вищу пошкоджуючу дію щодо цільових і нецільових організмів, позаяк стверджують небезпеку досліджуваних сполук навіть у фонових концентраціях для живих організмів на різних рівнях біологічного розвитку.

## **5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)**

Результати проєкту піднімають визначення токсичності та питання біобезпеки пестицидів на якісно новий рівень на основі комплексного та міждисциплінарного підходу. У результаті цілісного виконання проєкту буде розроблено деталізований протокол оцінки токсичності пестицидів на основі тест-системи з використанням данію, дафній та дрозофіл, а також методичні рекомендації щодо його використання. Результати виконаних робіт за етапами I та II 2021 року є невід'ємною частиною розробки деталізованого протоколу. Розроблено принципові етапи алгоритму оцінки рівня біобезпеки інсектицидів та гербіцидів на підставі аналізу показників фізіолого-біохімічних, молекулярних, стресорних та детоксикаційних систем смугастого данію, дафнії та дрозофіли. Карта фізіолого-біохімічних реакцій данію на дію інсектицидів була апробована та високо оцінена науковцями з різних країн на міжнародному конгресі XXI<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021.

## **5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.**

Матеріали, одержані в проєкті, використовуються для створення еко-просвітницького ролику як дієвого засобу впливу на суспільну екологічну свідомість споживачів, виробників продукції та влади (відповідно до рекомендацій коучерів та бізнесменторів в рамках програми Gist), спрямованого на підвищення розуміння нормованого використання потенційно-токсичних для тварин та людини пестицидів, пошуку менш токсичних аналогів, біоремедіаційних заходів чи альтернативних шляхів інтенсивного ведення сільського господарства.

Одержані на даний час результати, як частина цілісної картини завдань проєкту нові та актуальні не лише в межах наукового простору України, але й за її межами, відповідають світовим екотоксикологічним стандартам. Частина результатів, що висвітлені у матеріалах міжнародних конференцій «*Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters*» та «*XXI<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021*», були представлені для усної доповіді науковцям та громадськості.

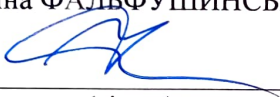
Результати проєкту можуть бути застосовані в екологічному моніторингу прісноводних екосистем, для передбачення ризиків пошкоджуючого впливу широковживаних в сільськогосподарських угіддях України пестицидів, для оцінки ефектів впливу токсикантів на біоту з подальшою екстраполяцією результатів для людини. Результати проєкту стали передумовою інтеграції в міжнародний консорціум щодо підготовки проєктної заявки на конкурс

Horizon2020 Green Deal (action #8.1), спільно з партнерами з Німеччини, Італії, Польщі та Угорщини, присвяченої встановленню механізмів адаптації до пошкоджуючого впливу новітніх забруднювачів у прісноводних (включаючи смугастого данію) та морських тварин. За результатами проєкту оформлені акти впровадження результатів у навчальний процес Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка та Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, отримано 1 деклараційний патент на корисну модель та подано 2 заявки на отримання патентів на корисну модель.

Примітка: Анотований звіт не повинен містити відомостей, заборонених до відкритого опублікування

**Науковий керівник Проєкту**

проректор з наукової роботи та  
міжнародного співробітництва  
Галина ФАЛЬФУШИНСЬКА



---

(підпис)