

**АНОТОВАНИЙ ЗВІТ**  
за договором № БФ/2- 2021 від 01. 06. 2021 р.  
на Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку  
**«БІОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я»**

---

**Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира  
Гнатюка**

**1. Термін виконання:** червень 2021 р. - грудень 2021 р.

**2. Номер державної реєстрації:** 0121U111540.

**3. Номер облікової картки заключного звіту:** \_\_\_\_\_.

**4. Мета та перелік основних завдань:**

Метою виконання завдання є визначення об'єктів, способів і засобів для експериментальних робіт з використанням біоматеріалів рослин та тварин.

Для реалізації поставленої мети будуть виконуватися наступні завдання:

- розроблення системних основ аут- і демекології щодо відновлення популяцій рідкісних видів рослин на основі дослідження їх екологічних і фізіологічних особливостей та застосування біотехнологічних методів;
- оцінка небезпеки для довкілля від новітніх побутових забруднювачів, та розробка системи ранньої діагностики цих біологічних ризиків за допомогою двостулкових молюсків, попередження забруднення та ефективної утилізації таких забруднювачів, які у зростаючих масштабах потрапляють у поверхневі води України;
- розробка дієвих методів, які дозволяють ідентифікувати речовини, що викликають ендокринні розлади у довкіллі, а також методів їх кількісної оцінки, виявлення і прогнозування ураження живих організмів і попередження токсичної дії;
- встановлення загальних закономірностей та регіональних особливостей фізичних та хімічних трансформацій ґрунтів та водних екосистем умовах інтенсивного землеробства та урбанізаційних процесів; визначення наслідків на біоту;
- визначення вмісту лужних, лужноземельних, важких металів та гідрохімічних показників у компонентах гідроекосистем (вода, донні відклади, прибережний ґрунт) визначити їх співвідношення та закономірності трансформації, а також провести орієнтовну екологічну оцінку водних екосистем та ґрунтів;
- дослідження фізіологічних, біохімічних і молекулярних механізмів відповіді планктонної ракоподібної дафнії *Daphnia magna* та коропової рибки *Danio rerio* до впливу широковживаних фосфорорганічних пестицидів за умов індивідуальної дії.

**5. Короткий зміст виконаних досліджень:**

У рамках реалізації першого етапу перспективного плану розвитку наукового напрямку «Біологія та охорона здоров'я» Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка:

I Досліджено диференціальні та інтегральні параметри популяцій рідкісних видів роду *Gentiana* L. (*Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L.) та визначено їх едафічні потреби. Встановлено, що зміна умов існування цих видів призвела не лише до зниження щільності особин та зменшення розмірів їх популяцій, але й позначилася на диференціальних (онтогенез, вікова, просторова, віталітетна структури, тип самопідтримання) та інтегральних (індекс відновлення, тип стратегії) параметрах популяцій. Ознаки посилення стрес-толерантного типу стратегій спостерігаються в усіх локалітетах видів, не залежно від типу екзогенного чинника, що на них діє.

Аналіз міжпопуляційної мінливості показників концентрацій хімічних елементів у ґрунтах оселищ видів показав, що кожний вид адаптований до певного діапазону їх варіювання, що й визначає місця їх росту. Крім того, рослини врівноваженого та депресивного типів популяцій поглинають більше хімічних елементів, порівняно із процвітаючим типом.

Результати досліджень свідчать про зниження стійкості видів до посилення антропогенної дигресії ценозів, демутаційних змін видового складу угруповань. Нижня межа ареалів видів у висотному напрямі змістилася на 200–250 м (*G. acaulis*), 300–350 м (*G. punctata*), 500 м (*G. lutea*); оптимум абіотичних умов видів *G. lutea* та *G. punctata* перемістився з південних схилів на північно-західні та північно-східні, а популяції *G. acaulis* на схилах південної експозиції локалізувалися на висотах, наближених до крайньої верхньої межі їх ареалу. Рясність щільнокущових злаків у оселищах збільшилася до 50–90 %, а проекційне покриття чагарників – до 30–80 %. Це вказує на антропогенну дегресію угруповань, посилення демутаційних сукцесій та кліматичних змін.

Реалізація завдання щодо розроблення системних основ ауто- і демекології щодо відновлення популяцій рідкісних видів рослин на основі дослідження їх екологічних і фізіологічних особливостей та застосування біотехнологічних методів передбачає й отримання живих колекцій рослин *in vitro* видів роду *Gentiana* та підбір умов для їх довготривалого вирощування. За результатами досліджень розроблено технологію, яка дозволяє швидко виводити насіння видів *G. lutea*, *G. punctata* та *G. acaulis* зі стану органічного спокою, забезпечує високий коефіцієнт його стерильності, схожості та підтримує тривалий ріст рослин в умовах *in vitro* із збереженням високої життєздатності. Порушення стану органічного ендогенного спокою насіння досліджених видів відбувається завдяки поєднанню 2 процесів: холодової стратифікації та передпосівної обробки насіння розчином GA<sub>3</sub>. Тривалість витримування насіння за низьких додатних температур, концентрація розчину GA<sub>3</sub> та тривалість експозиції залежать від видової приналежності. Схожість насіння коливається в діапазоні 25–95 % залежно від виду, популяційної приналежності та року дослідження.

Розроблену технологію успішно використано для видів роду *Carlina* L. відкасника татарникolistого (*Carlina onopordifolia* Bess. ex Szaf., Kulcz. et Pawl.), відкасника осотоподібного (*Carlina cirsioides* Klok), відкасника безстеблового (*Carlina acaulis* L.). Встановлено, що за умови використання зазначеної технології схожість насіння

відкасників коливалась від 34 % до 86 % і залежала від виду, а також еколого-географічних та погодних умов, в яких відбувалося формування насіння.

Оптимальним для підтримання росту рослин усіх досліджених видів роду *Gentiana* є живильне середовище МС/2 (середовище МС [Murashige, Skoog, 1962] з половинним вмістом макро- і мікросолей). Для вегетативного розмноження рослин *in vitro* живильне середовище МС/2 доцільно доповнювати регуляторами росту, зокрема: кінетином (Кін), у концентрації 0,1 мг/л (у випадку *G. punctata*, *G. lutea*; 1-нафтилоцтовою кислотою (НОК), у концентрації 0,1 мг/л (*G. acaulis*). Періодичність субкультивування становить 90 діб при температурі 19° С, 16-годинному світловому періоді за використання ламп холодного білого світла, освітленості 3000 лк, інтенсивності світлового потоку в області фотосинтетично активної радіації (ФАР) 85 Вт/м<sup>2</sup>, співвідношення хвиль в області ФАР – синього діапазону : зеленого діапазону: червоного діапазону = 33,0 % : 42,0 % : 25,0 %.

З'ясовано, що для вкорінення рослин видів роду *Gentiana* ефективним було живильне середовище МС/2, доповнене 0,2 мг/л індолилоцтовою кислотою, 0,5 мг/л гібереловою кислотою та 0,1 мг/л НОК. Інтенсивність ризогенезу для *C. onopordifolia* становила 60 %, для *C. cirsioides* – 62,5 %, однак корені за 6–10 місяців культивування досягали лише до 8–10 мм. Поряд із цим, ефективнішим виявився процес замочування стерильних проростків у розчині ІМК концентрацією 1000 мг/л протягом 1 хв. з наступним висаджуванням на агаризоване живильне середовище без регуляторів росту. Відсоток вкорінення для *C. onopordifolia* та *C. cirsioides* за таких умов досягав 76,2 % і 74,3 % відповідно. Проте, проростки під час замочування травмувались та інфікувались внаслідок багаторазового використання розчину ІМК.

Найефективнішим для формування кореневої системи у рослин *C. acaulis*, *C. cirsioides* та *C. onopordifolia* виявилось замочування насіння цих видів у розчині індолилмасляної кислоти (ІМК) концентрацією 1000 мг/л протягом 2–4 год. При цьому нам вдалося підвищити відсоток вкорінення рослин *C. cirsioides* та *C. onopordifolia* до 100 %, *C. acaulis* – до 80 %, а також уникнути травмування проростків і змін концентрації розчину ІМК, що можуть виникати під час стерилізації за високих температур, шляхом використання нестерильного розчину цього регулятора росту.

II. При реалізації завдань «Встановлення загальних закономірностей та регіональних особливостей фізичних та хімічних трансформацій ґрунтів та водних екосистем у умовах інтенсивного землеробства та урбанізаційних процесів; визначення наслідків на біоту» та «Визначення вмісту лужних, лужноземельних, важких металів та гідрохімічних показників у компонентах гідроекосистем (вода, донні відклади, прибережний ґрунт)» встановлено, що хімічний склад води річки Серет формується за впливу цілої низки чинників, серед яких сезонний та антропогенний відіграють домінуюче значення. У весняний сезон ряд гідрохімічних характеристик (рН, твердість води, концентрації іонів NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cl та досліджуваних металів) мають нижчі значення порівняно з літнім. Крім того, відзначається зростання кількості органічних речовин, катіонів амонію, нітрит-іонів, хлорид-іонів, фосфат-іонів та зменшення концентрації кисню нижче м. Тернопіль, особливо у літній сезон. Це є свідченням того, що р. Серет зазнає значного антропогенного впливу. Виявлено зростання концентрації металів (Mn, Cu та Pb) літом нижче м. Тернопіль, що може бути зумовлено скиданням недостатньо очищених стічних

вод. Ряд концентрацій металів у воді р. Серет виглядає наступним чином  $Mn \rightarrow Zn \rightarrow Pb \rightarrow Cd \rightarrow Cu$ , а ряд акумулювання металів у тканинах молюсків *Unio pictorum* L. має вигляд  $Zn \rightarrow Mn \rightarrow Cu \rightarrow Pb \rightarrow Cd$ . На основі коефіцієнтів біоаккумуляції важких металів молюсками здійснено прогноз ситуації по їх вмісту у воді на найближчу перспективу на базі теорії ланцюгів Маркова. Показано можливість застосування інструментарію економіко-математичного моделювання та статистичних методів на основі кореляційно-регресійного аналізу з використанням сучасних інформаційних систем типу Matlab для виявлення кореляційних зв'язків між хімічних показників якості води та біологічними показниками молюсків для моделювання екологічної ситуації р. Серет та оцінки внеску досліджуваних показників у забруднення малих річок.

Проаналізовано можливість використання культури міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus*) та біочару для ремедіації ґрунту за умов забруднення нафтопродуктами. Встановлено за час вегетації рослин зниження концентрації нітратів, фосфору і калію та зростання концентрації амонію. Найбільш помітне зниження концентрації нафтових вуглеводнів у ґрунті було відмічено за умов додавання біочару та після вирощування культури міскантусу, що може ефективно використовуватися для ремедіації земель забруднених нафтопродуктами.

Досліджено гідрохімічні показники води, донних відкладів та фізіолого-біохімічні зміни у організмах живих істот у зв'язку з хронічним забрудненням прісних водойм. Проведено моніторинг стану водних екосистем у зв'язку з реконструкцією експлуатацією водозабірної системи м. Ланівці, яка розташована на правому березі річки Горинь, безпосередньо у місті і Ланівці Кременецького району. У результаті комплексного гідроекологічного дослідження водозаборів питної води на території м. Ланівці Тернопільської області шляхом порівняння отриманих показників з екологічними нормативами та стандартами якості питної води оцінено екологічну небезпеку вмісту окремих речовин та екотоксикологічну ситуацію в цілому. Виявлено підвищений вміст у воді сполук нітрогену (амоній, нітрати), заліза, вода є слабколужною, фосфати переважно акумульовані у розчинній формі. Колір води визначається змивними (зливовими) водами, підвищення значення рН супроводжується забрудненням амонієм, перевищення значення показника БСК<sub>5</sub> не виявлено, забруднення та порушення колообігу нітрогенвмісних сполук може бути пов'язано з надходженням сполук нітрогену з води поверхневого стоку, змивів, комунально-побутового походження, розкладання органічних речовин у аграрному секторі, а відтак насиченням сполуками нітрогену водоносного горизонту з р. Горинь, порушенням співвідношення продукційно-деструкційних процесів, тому за впливу цих факторів відмічено евтрофікацію. Виявлене перевищення концентрації катіонів амонію у досліджуваних точках водозаборів, частково погіршує як токсикологічні, так і органолептичні характеристики питної води. Водночас, у досліджуваних точках водозабору у воді не спостерігалось перевищення концентрацій іонів металів та фосфатів.

**III** У процесі виконання завдання «Дослідження фізіологічних, біохімічних і молекулярних механізмів відповіді планктонної ракоподібної дафнії *daphnia magna* та коропової рибки *danio rerio* до впливу широковживаних фосфорорганічних пестицидів за умов індивідуальної дії» встановлено, що малатіон та хлорпірифос можуть обумовлювати

розвиток окисного стресу, виснаження пулу клітинних тіолів, збільшення активних форм кисню, карбонілу та нітрогену, репродуктивні розлади, зростання рівня набрякання мітохондрій та зменшення стійкості лізосомальних мембран у смугастого данію, як нецільового організму, вже навіть за впливу фонових, екологічно релевантних концентрацій. Вважається, що *D. rerio* може бути ефективною моделлю для оцінки метаболічного стресу як реакції організму на вплив екологічно реальних концентрацій органофосфатів, а спосіб їх реакції – екстрапольований на ссавців, включаючи людину. Хлорпірифос був більш токсичним для данію, ніж малатіон. Порушення стабільності лізосомальних мембран відбувається узгоджено з активацією катепсину D ( $r = -0,6$ ,  $p < 0,001$ ) та дестабілізацію зовнішніх мембран мітохондрій ( $r = 0,45$ ,  $p = 0,013$ ), що, в свою чергу, викликає загибель гепатоцитів *Danio rerio*. Концентрація Ig M та ацетилхолінстеразна активність належать до показників, які на етапі попереднього аналізу за принципом «система ранньої оцінки» дозволяють ідентифікувати ступінь ризику токсиканту для нецільового організму.

Узагальнення результатів методами багатоваріантної статистики показує, що спільна локалізація особин дафнії та данію в площині графічного відображення результатів факторного аналізу підтверджує реалізацію спільних стратегій адаптації у нетаргетних організмів до впливу пестицидів не залежно від філогенетичного походження. З іншого боку, групування даних залежно від типу пестициду та його концентрації демонструє чітку залежність стратегії адаптації від природи діючого чинника та глибини його впливу. Найбільш токсичним за сумою ознак трьох організмів виявляється хлорпірифос, а найменш токсичними – раундап (екологічно релевантні концентрації) та малатіон. Специфічна відповідь на вплив високих концентрацій відповідає загальному пригніченню життєвого статусу організму. Разом з тим, навіть у випадку мінімальних проявів токсичності, в організмі данії та дафнії проявляються ознаки окисного стресу, цитотоксичності, пригнічення детоксикаційних процесів, які за умови додаткового пошкоджуючого впливу можуть вірогідно зменшувати загальну толерантність організму до стресу та призводити до незворотних змін на молекулярно-клітинному рівні, які з часом потенційно можуть проявлятися і на організменному та популяційно-видовому рівнях, віддалено впливаючи на зменшення біорізноманіття.

Також на підставі інтегральної обробки даних було виділено показники, які з найбільшим ступенем вірогідності розподіляють досліджувані групи. До них належать сивороткова активність лактатдегідрогенази данію, яка першочергово відкидає групи, які є найменш імпактними (контроль та малатіон екологічно релевантна концентрація), загальна антиоксидантна активність у данію, концентрація карбонільних похідних білків та активність каталази у дафнії, а також каспазна активність данію, які сепарують групи, що зазнали більш істотного ушкодження. 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.

**IV** Виконання завдань «оцінка небезпеки для довкілля від новітніх побутових забруднювачів, та розробка системи ранньої діагностики цих біологічних ризиків за допомогою двостулкових моллюсків, попередження забруднення та ефективної утилізації таких забруднювачів, які у зростаючих масштабах потрапляють у поверхневі води України» та «Розробка дієвих методів, які дозволяють ідентифікувати речовини, що викликають ендокринні розлади у довкіллі, а також методів їх кількісної оцінки, виявлення і прогнозування ураження живих організмів і попередження токсичної дії» проведено оцінку токсичності водного середовища за допомогою біоіндикаторних організмів *Dreissena polymorpha* та *Unio tumidus* з чотирьох природних водойм басейнів Дністра та Дніпра, апробовано підходу модель гостро-токсичного експерименту *ex vivo*. Досліджено моллюсків з чотирьох популяцій за їх реакціями на вплив потенційних ендокринних руйнівачів водного середовища окремо та у поєднанні у субхронічному експерименті. Досліджено метаболізм цинку у тканинах моллюска у експерименті *ex vivo* для експрес-аналізу гостротоксичного впливу препаратів.

## **6. Одержані наукові (науково-технічні) результати:**

За результатами першого етапу перспективного плану розвитку наукового напрямку «Біологія та охорона здоров'я» Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка: i) опубліковано 10 статей у виданнях, які входять до наукометричних баз *Web of Science/Scopus* та категорії А, ii) 10 – у виданнях категорії Б, iii) оформлено 2 патенти України на корисну модель та подано заявку на оформлення 1 патенту.

Отримано 4 акти впровадження:

- «Технологія біотизації рослин *in vitro* видів *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L. для підвищення адаптивного потенціалу до умов *ex vitro*» Інститут клітинної біології та генетичної інженерії Національної академії наук України
- «Застосування системи критеріїв-маркерів для моніторингу за структурно-функціональним станом рослин репатрійованих популяцій *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L.» Карпатський національний природний парк
- «Розробка методології інтегральної оцінки біобезпеки забруднення оточуючого середовища пестицидами для цільових та нецільових організмів» Управління екології та природних ресурсів Тернопільської обласної державної адміністрації
- «Розробка методології інтегральної оцінки біобезпеки забруднення оточуючого середовища пестицидами для цільових та нецільових організмів» Державна екологічна інспекція України парк.

Розроблено

- «Технологію отримання колекцій рослин *in vitro* видів *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L., здатних до тривалого росту із збереженням високої життєздатності», яку впроваджено у лабораторії екології та біотехнології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка – *ефективна розробка*. Автори: Грицак Л.Р., Дробик Н.М.

- Перелік диференціальних та інтегральних параметрів популяцій рідкісних видів, їх едафічні потреби (відповідальний виконавець Дробик Н.М.
- «Методику інтегральної оцінки біобезпеки забруднення оточуючого середовища пестицидами для цільових та нецільових організмів» – *методична розробка*. Автори: Фальфушинська Г.І., Боднар О.І., Горин О.І.

Створено модельні умови, які відображають комбінований вплив новітніх забруднювачів водойм у екологічно реальних концентраціях. Отримано результати, які підтверджують коректність використання набору біомаркерів щодо чутливості метаболізму цинку до впливу екологічно реальних поєднань новітніх ксенобіотиків.

Результати проведених робіт апробовані на 9 Міжнародних та Всеукраїнських конференціях

## 7. Публікації за результатами досліджень:

Статті:

### Статті, що входять до баз Web of Science/Scopus, категорія A

1. Humeniuk H. B., Khomenchuk V. O., Harmatiy N. M. et al. Complex assessment and forecasting of chemical pollution of small rivers by economic and mathematical modelling methods. *Journal of geology geography and geoecology*. 2021. Vol. 30. Iss. 3. P. 460–469. URL.: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000709453300006>
2. Pidlisnyuk V., Herts A., Khomenchuk V. et al. Dynamic of morphological and physiological parameters and variation of soil characteristics during miscanthus × giganteus cultivation in the diesel-contaminated land. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, iss. 4. URL.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85106056610&origin=resultslist>
3. Bodnar O. I., Andreev I. O., Prokopiak M. Z., Drobyk N. M., Grubinko V. V. The Analysis of the Genetic Parameters of *Chlorella vulgaris* Beyer. Culture Growing in the Presence of Sodium Selenite, Zinc Sulfate and Chromium Chloride. *International Journal on Algae*. V. 23. № 3. P. 257–268. DOI: 10.1615/InterJAlgae URL: <https://www.dl.begellhouse.com/journals/7dd4467e7de5b7ef,1fe7d3b6663918de,608ecd745ff517bb.html>
4. Makarenko A. A., Shevchenko P. G., Kononenko I. S., Kondratyk V. M., Khrystenko D. S., Grubinko V. V. Heavy Metals in Organs and Tissues of Silver X Bigheads Carp Hybrid as Indices of Anthropogenic Pressure in Areas with a High Level of Urbanization. *International Letters of Natural Sciences*. 2021. Vol. 83, № 3. P. 55–68. DOI:10.18052/www.scipress.com/ILNS.83.55 URL: <https://www.scipress.com/ILNS.83.55>
5. Bodnar O., Horyn O., Khatib I. Falfushynska H. Multibiomarker assessment in zebrafish *Danio rerio* after the effects of malathion and chlorpyrifos. *Toxicol. Environ. Health Sci*. 2021. Vol. 13. P. 165–174. <https://doi.org/10.1007/s13530-021-00099-1> (Scopus) IF 1.20
6. Falfushynska H., Horyn O., Osypenko I., Rzymyski P., Wejnerowski L., Dziuba M., Sokolova I. Multibiomarker-based assessment of toxicity of central European strains of

- filamentous cyanobacteria *Aphanizomenon gracile* and *Raphidiopsis raciborskii* to zebrafish *Danio rerio*. *Water Research*. 2021. Vol. 194. P. 116923. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135421001214>. DOI: 10.1016/j.watres.2021.116923 (*Scopus*) *IF* 9.13
7. Falfushynska H., Sokolov E. P., Fisch K., Schulz-Bull D. E., Sokolova I. M. Biomarker-based assessment of sublethal toxicity of organic UV filters (ensulizole and octocrylene) in a sentinel marine bivalve *Mytilus edulis*. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 798. P. 149171. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111232072&origin=resultslist&sort=plf-f>
  8. Khoma V., Martinyuk V., Matskiv T., Gnatyshyna L., Baranovsky V., Gladiuk M., Gylytė B., Manusadžianas L., Stoliar O. Environmental concentrations of Roundup in combination with chlorpromazine or heating causes biochemical disturbances in the bivalve mollusc *Unio tumidus*. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16775-1>. (Q2).
  9. Khoma V., Gnatyshyna L., Martinyuk V., Mackiv T., Mishchenko L., Levonas M., Stoliar O. Common and particular biochemical responses of *Unio tumidus* to herbicide, pharmaceuticals and their combined exposure with heating. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. Vol. 208 (15). P. 111695. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111695> (Q1).
  10. Khoma V., Martinyuk V., Matskiv T., Yunko K., Gnatyshyna L., Stoliar O. Does roundup affect zinc functions in a bivalve mollusk in *ex vivo* exposure? *Ecotoxicology* 2022. (<https://doi.org/10.1007/s10646-021-02512-4>). Q2

### Статті у виданнях категорії Б

1. Брошак І. С., Конончук О. Б., Пида С. В., Герц А. І., Герц Н. В. Ефективність добрива плантафол у посівах сої за нестачі елементів живлення в чорноземі типовому. *Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія*. 2021. Т. 81. № 1-2. С. 70-82 URL: <http://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology/article/view/119>
2. Суходольська І. Л., Грубінко В. В. Основні підходи до оцінки стійкості водних екосистем. *Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія*. 2021. Т. 81. № 3-4. URL: <http://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology>
3. Грицак Л. Р., Прокоп'як М. З., Майорова О. Ю., Колісник Х. М., Дробик Н. М. Динаміка ростових параметрів рослин *in vitro* *Gentiana lutea* L. за різних умов освітлення. *Фактори експериментальної еволюції організмів* : зб. наук. пр. Київ : Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова, 2021. Т. 28. С. 58–65. URL: [http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/21625/1/Hrytsak\\_Prokopiak\\_et\\_al\\_Dynamics.pdf](http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/21625/1/Hrytsak_Prokopiak_et_al_Dynamics.pdf)
4. Кравець Н. Б., Колісник Х. М., Грицак Л. Р., Прокоп'як М. З., Майорова О. Ю., Дробик Н. М. Залежність вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах деяких видів роду *Carlina* L. від умов освітлення *in vitro*. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. К. : Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 3 (36). С. 160–166. URL: [http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/21380/1/Kravets\\_et\\_al.pdf](http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/21380/1/Kravets_et_al.pdf)



5. Грицак Л. Р., Майорова О. Ю., Прокоп'як М. З., Дробик Н. М. Сучасні причини фрагментації ареалів високогірних видів роду *Gentiana* L. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* 2021. Т. 81. № 3. URL: <http://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology>
6. Грицак Л. Р., Прокоп'як М. З., Майорова О. Ю., Дробик Н. М. Оцінка ефективності застосування технології *in situ* та *ex situ* для збереження видів роду *Gentiana* L. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* 2021. Т. 81. № 4. URL: <http://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology>
7. Falfushynska H., Bodnar O., Khatib I., Kovalska H., Hulyk S. Zebrafish as a suitable model for studying the mode of action and harmfulness of organophosphate pesticides. *E3S Web Conf.* 2021. Vol. 280. P 11005. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128011005>.
8. Боднар О. І., Хатіб І., Горин О. І., Сорока О. В., Німко Х. І., Чернік І., Ковальська Г. Б., Фальфушинська Г. І. Прояви окисного стресу та метаболічних порушень у *Danio rerio* за дії фосфоорганічних пестицидів. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* 2021. Т. 82, № 3-4. С. 44-52. (Категорія «Б»). URL: <http://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology>.
9. Боднар О. І., Андреев І. О., Прокоп'як М. З., Дробик Н. М., Грубінко В. В. Аналіз генетичного поліморфізму культури *Chlorella vulgaris* Beyer. за вирощування в присутності селеніту натрію в комбінації з сульфатом цинку та хлоридом хрому. *Альгологія.* 2021. № 31(2). С. 113–125. URL: <http://algologia.co.ua/pdf/31/2/alg-2021-31-2-113.pdf>
10. Боднар О. І., Горин О. І., Сорока О. В., Німко Х. В., Фальфушинська Г. І. Проблема забруднення пестицидами водних екосистем: екологічні ризики і механізми впливу на водні організми. *Гідробіологічний журнал.* 2021. Т. 57. № 6. С. 69–88. URL: [http://www.hydrobiolog.com.ua/2021/2021\\_6.htm](http://www.hydrobiolog.com.ua/2021/2021_6.htm)

## Тези:

1. Falfushynska H., Khatib I., Bodnar O., Horyn O., Kasianchuk N. Oxidative damage in zebrafish exposed to environment realistic concentrations of roundup and chlorpyrifos. *21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021 (14–22 August, 2021, Albena Bulgaria).*
2. Боднар О. І., Горин О. І., Сорока О. В., Хатіб І., Фальфушинська Г. І. Оценка воздействия раундапа и малатиона на метаболический статус *Danio rerio*. *Global challenges of the 21st century and the environment: International scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the UNESCO Chair for Sustainable Development. Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 2–3 December 2021. Almaty: Kazakh University, 2021. P. 104–108.*

3. Stoliar O., Khoma V., Martinyuk V., Gnatyshyna L., Matskiv T. The capability of Roundup to distort Zinc functionality in bivalve mollusk in the *ex vivo* and *in vivo* exposures. *33rd Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology (ISEE): Book of Abstracts* (23-26 August, 2021, New York). New York. 2021. DOI: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/isee.2021.P-482> (Q1).
4. Гуменюк Г. Б., Волошин О. С., Зіньковська Н. Г. Фосфорно-кальцієва проблема українських ґрунтів та шляхи її вирішення. *International scientific and practical conference «Ideas and innovations in natural sciences» : conference proceedings*. 2021. Lublin : Izdawnictwo «Baltija Publishing», P. 63–66.
5. Шеремета В. А., Гуменюк Г. Б., Волошин О. С., Зіньковська Н. Г. Характеристика ґрунтів Ярмолинецького району Хмельницької області. *IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку»* (21-22 жовтня 2021 р.). Херсон, 2021. С. 313–315.
6. Боднар О. І., Грубінко В. В. Структурні зміни клітинних мембран у *Chlorella vulgaris* за дії селену, цинку і хрому. *Біологічні дослідження 2021*. Збірник наукових праць. Житомир ПП «Євро-Волинь», 2021. С. 217–219.
7. Майорова О. Ю., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробык Н. М. Сохранение и восстановление лекарственных растений с использованием биотехнологических методов. *Актуальные проблемы наук о земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: Материалы V Международной научно-практической конференции, 27–29 сентября 2021 р.* Брест, 2021. С. 126–129. [http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/21753/1/Mayorova\\_et%20al.pdf](http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/21753/1/Mayorova_et%20al.pdf)
8. Колисник К. М., Кравец Н. Б., Грицак Л. Р., Чайка И. В., Богатюк И. А., Дробык Н. М. Сезонная динамика прорастания семян *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawł, *Carlina cirsioides* Klokov и *Carlina acaulis* L. в условиях *in vitro*. *Актуальные проблемы наук о земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: Материалы V Международной научно-практической конференции, 27–29 сентября 2021 р.* Брест, 2021. С. 109–112.
9. Кравец Н. Б., Колісник Х. М., Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Підвищення ефективності вкорінення *in vitro* рослин видів роду *Carlina* L. Вибрані тези доповідей на об'єднаній XV та XVI Міжнародній науковій конференції «Фактори експериментальної еволюції організмів» (20–25 вересня 2021 р., м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область, Україна). С. 198-199.
10. Грицак Л. Р., Барна І. М., Дробик Н. М. Системний підхід до вирішення проблеми відновлення популяцій рідкісних високогірних видів роду *Gentiana* L. флори Українських Карпат. *Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів*. Матеріали ІХ міжнародної науково-практичної конференції; м. Дніпро, Україна, 06-07 жовтня 2021 р. Дніпро: ІППЕ НАН України, 2021. С. 86–88.
11. Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Особливості моделі репатріації популяцій видів роду *Gentiana* L. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві*. Матеріали міжнародної науково-практичної

конференції (м. Київ, Україна, 7–8 липня 2021 р.). [https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/pdf/Programms\\_07\\_2021.pdf](https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/pdf/Programms_07_2021.pdf)

12. Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Вміст вільного проліну у рослинах високогірних видів роду *Gentiana* L. *Біологічні, медичні та науково-педагогічні аспекти здоров'я людини*. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції: м. Полтава, Україна, 21-22 жовтня, 2021 р. Полтава: Астроя, 2021. С. 214–216. [http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/29717/1/Book\\_2021\\_114-115.pdf](http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/29717/1/Book_2021_114-115.pdf)

### **Монографії:**

1. Збереження та відтворення біологічного різноманіття роду *Gentiana* L. - еколого-генетичний підхід [Текст] : монографія. Частина I / О. Ю. Майорова, М. З. Прокоп'як, Л. Р. Грицак, Н. М. Дробик. Тернопіль : ФОП Осадца Ю. В., 2021. 137 с. [http://catalog.library.tnpu.edu.ua:8080/e-lib/DocDescription?doc\\_id=254116](http://catalog.library.tnpu.edu.ua:8080/e-lib/DocDescription?doc_id=254116)
2. Stoliar O. B., Stoika R. S. Metallothioneins' responses on impact of metal-based nanomaterials for biomedical use. *Biomedical Nanomaterials: From Design and Synthesis to Imaging, Application, and Environmental Impact: monograph* / ed. by R. S. Stoika. New York: Springer, 2021. P. 263–302. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76235-3>

### **Об'єкти права інтелектуальної власності:**

1. Деклараційний патент на корисну модель UA 146584 U (заявка No u2020 06532) МПК A61K 36/00, A23L 1/30, A01N 13/00, A61K 36/05 Спосіб визначення біобезпеки дієтичних добавок на основі мікроводоростей/ Фальфушинська Г. І., Боднар О. І., Луцак О. В., Касянчук Н. М., Осипенко І. О. – No u2020 06532.
2. Деклараційний патент на корисну модель (заявка № u2021 02664) C02F 3/00, C02F 1/00, C02F 3/34 Спосіб оцінки коригуючої здатності мікроводоростей щодо забруднення середовища пестицидами / Горин О. І., Фальфушинська Г. І., Боднар О. І., Ковальська Г. Б., Хатіб І. (Підготовка до державної реєстрації та публікації).
3. Деклараційний патент на корисну модель (заявка № u202106908) МПК G01N 33/00, E03B 3/36, G01N 30/38 Спосіб оцінки ступеня пошкоджувального впливу пестицидів на водні екосистеми / Фальфушинська Г. І., Горин О. І. (етап формальної експертизи).

### **Участь у конференціях, семінарах:**

1. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021 (14 - 22 August, 2021, Albena Bulgaria)
2. International scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the UNESCO Chair for Sustainable Development. Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 2-3 December 2021
3. *Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology (ISEE)*. (23-26 August, 2021, New York)

4. IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» (21-22 жовтня 2021 р.), Херсон
5. «Проблеми та досягнення сучасної біотехнології» : Міжнарод. наук.-практ. конф.
6. V Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы наук о земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды», 27–29 сентября 2021 р. г. Брест, Беларусь.
7. Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві», 7–8 липня 2021 р., м. Київ, Україна.
8. Об'єднана XV та XVI Міжнародна наукова конференція «Фактори експериментальної еволюції організмів» (20–25 вересня 2021 р., м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область, Україна).
9. Міжнародна науково-практична конференція «Біологічні, медичні та науково-педагогічні аспекти здоров'я людини», 21–22 жовтня, 2021 р., м. Полтава, Україна.

З метою покращання якості освітньої підготовки та формування професійно-практичних компетентностей здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини, хімія, нутриціологія) та, як наслідок, підготовки майбутніх висококваліфікованих наукових та науково-педагогічних спеціалістів, учасниками реалізації перспективного наукового напрямку «Біологія та охорона здоров'я» були підготовлені та випущені навчально-методичні посібники:

1. Боднар О. І. *Індивідуальний розвиток та вікова фізіологія* : Навч. посібник. Тернопіль: видав. центр ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. 181 с.

2. Боднар О. І. *Індивідуальний розвиток та вікова фізіологія* : Практикум. Тернопіль: видав. центр ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. 115 с.

3. Павх С. П., Боднар О. І. *Фізіологія харчування*. Методичні рекомендації для виконання СРС. Тернопіль: видав. відділ ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. 37 с.

У межах реалізації першого етапу перспективного плану розвитку наукового напрямку «Біологія та охорона здоров'я» Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка захищено дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 09 «Біологія» зі спеціальності 091 «Біологія»

Горин О. І. «Фізіолого-біохімічні реакції корокових риб на вплив новітніх біоризиків». Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 09 «Біологія» зі спеціальності 091 «Біологія». Разова спеціалізована вчена рада ДФ 58.053.014 створена відповідно до наказу МОН України № 1136 від 26.10.2021 р. Науковий керівник – д.б.н., проф. Фальфушинська Г.І.

## 8. Практична цінність результатів

I За результатами досліджень складено перелік зниклих популяцій, з'ясовано чинники, що спричинили такі зміни та, відповідно, визначено перспективні для

майбутнього відновлення популяції досліджених видів роду *Gentiana*. Визначено тип стратегії популяцій, оцінено їх життєздатність, а також відібрано як популяції-донори генетичного матеріалу, так і популяції, що перебувають у депресивному стані та є перспективними для стабілізації їх чисельності. Отримано культури *in vitro* видів роду *Gentiana* та *Carlina*, які можуть бути використані для подальших різнопланових досліджень. Результати досліджень впроваджено у навчальний процес при вивченні дисциплін «Біологічні основи охорони природи», «Сучасні стратегії збереження біорізноманіття» освітньо-професійної програми «Екологія» та дисциплін «Екологія» освітньо-професійної програми «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини, хімія» на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка.

**II** Отримані результати дають теоретичне і наукове підґрунтя для встановлення регуляторних факторів, макро-і мікроелементів у ґрунтах та водоймах. Виявлені особливості можуть бути використанні при розробці рекомендацій щодо оцінки рівня токсичності та методів екологічного моніторингу ґрунтів та гідроекосистем. Результати дослідження можуть бути застосовані для оцінки рівня забруднення мікро- та макроелементами екосистем малих річок. Обґрунтовано, що для подолання наслідків споживацького використання земельних ресурсів, а саме: деградації ґрунту, необхідно проводити моніторинг стану ґрунтового покриву, комплексно застосовувати заходи щодо підвищення продуктивності та охорони земель.

Науков обґрунтовано гіпотезу порушення у гідроекосистемах водозабезпечення населення біогеохімічних циклів під впливом неспецифічних поллютантів, що несе загрозу віддалених глобальних екологічних трансформацій не тільки у водних екосистемах, а й природного середовища. На основі аналізу отриманих результатів щодо гідрохімічної і гідроекологічної характеристики водозабору м. Ланівці запропоновані практичні заходи для покращення якості питної води.

Теоретичні підходи, методологічні розробки, результати польових та лабораторних досліджень можуть використовуватись при викладанні курсів “Деградація і охорона ґрунтів”, “Проблеми природокористування”, “Охорона природи”, “Екологічний моніторинг”, “Екотоксикологія”, “Екологічна фізіологія і біохімія”, “Хімія навколишнього середовища” “Соціальна екологія” дисциплін за спеціальністю «Агрономія» освітньо-професійних програм «Агрохімія і ґрунтознавство» та «Експертна оцінка ґрунтів» для студентів екологічних, біологічних і сільськогосподарських спеціальностей.

**IV** Результати реалізації завдань наукового напрямку піднімають визначення токсичності та питання біобезпеки пестицидів на якісно новий рівень на основі комплексного та міждисциплінарного підходу. У результаті цілісного виконання мети буде розроблено деталізований протокол оцінки токсичності пестицидів на основі тест-системи з використанням данію, дафній та дрозоділ, а також методичні рекомендації щодо його використання. Розроблено методику оцінки рівня біобезпеки пестицидів на підставі аналізу показників фізіолого-біохімічних, молекулярних, стресорних та детоксикаційних систем смугастого данію і дафнії, яка передана кінцевим споживачам

продукції (Управління екології та природних ресурсів ТОДА, Державна екологічна інспекція України). Наукові напрацювання і результати використовувалися у процесі розробки методичного забезпечення (лекційний матеріал, протоколи виконання практичних та лабораторних робіт) дисциплін кафедр фізичної реабілітації та безпеки життєдіяльності та загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ ім. В. Гнатюка. Розроблена карта фізіолого-біохімічних реакцій данію на дію інсектицидів була апробована та високо оцінена науковцями з різних країн на міжнародних конференціях 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021 (14 - 22 August, 2021, Albena Bulgaria) International scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the UNESCO Chair for Sustainable Development. Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 2-3 December 2021

## **9. Матеріально-технічне забезпечення:**

Для виконання завдання перспективного плану розвитку наукового напрямку "Біологія та охорона здоров'я" Університет устаткований необхідним обладнанням, що дозволяє реалізувати їх виконання, а саме: ноутбуки, принтери, монітори, системні блоки, мультимедійні проектори, інтерактивна панель, Комутатор cisco, Ваги електронні, Ваги аналітичні Radwag, холодильники, Спірометр, Електрокардіограф Транслюмінатор (Transiluminator) Herobab UVT-14 LE, Центрифуга лабораторна для мікропробірок, 16 тис. обертів StatFax 303+, Аналізатор іонів AI-123, Мікропланшетний рідер Biorad, Спектрофотометр U-Lab 101UV, Флуорисцентний рідер f-max, Інтерактивна система анатомічної візуалізації (TM Briolight), Центрифуга з охолодженням CAPP Rondo with fixed angle rotor, Апарат для промивки зразків для імуногістохімії ЕКА AT1010, флуоресцентний/світловий мікроскоп Olympus BX-40, Обладнання для ПЛР в реальному часі (Thermo Fisher Scientific), рН-метр, лабораторний йономір I-160 MI, спектрофотометр ULAB 102UV, автоклав, центрифуга лабораторна MICROmed CM-3M.01, атомно-абсорбційний спектрофотометр С-115М, культуральна кімната, ламінарний бокс із стерильним потоком повітря, фітоламп, рефрижераторна центрифуга (1 шт.), атомно-адсорбційний спектрофотометр СФ-46 ("Lomo", СРСР) (1 шт), світловий мікроскоп "Микмед-5" (1 шт.), установки для хроматографічного аналізу протеїнів (3 шт.), рН метр (2 шт.), установка для електрофорезу Bio-rad System (1 шт.), абсорбційні спектрофотометр ULAB 102UV (1 шт.).

З метою оптимізації результатів експериментів на економії часу на проведення пробопідготовки за кошти, виділені для виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Біологія та охорона здоров'я» було придбано аналітичні ваги «ОНАУС».

## **10. Кадрове забезпечення:**

**Боднар Оксана Ігорівна** – доктор біологічних наук, професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ ім. В. Гнатюка

**Герц Андрій Іванович** – кандидат біологічних наук доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ ім. В. Гнатюка

**Горин Оксана Ігорівна** – магістр біології, фахівець I категорії відділу аспірантури і докторантури ТНПУ ім. В. Гнатюка

**Грубінко Василь Васильович** – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ ім. В. Гнатюка

**Гуменюк Галина Богданівна** – кандидат біологічних наук доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ ім. В. Гнатюка

**Дробик Надія Михайлівна** – доктор біологічних наук, професор, декан хіміко-біологічного факультету, професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ ім. В. Гнатюка

**Столяр Оксана Борисівна** – доктор біологічних наук, професор кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ ім. В. Гнатюка

**Фальфушинська Галина Іванівна** – доктор біологічних наук, професор, проректор з наукової роботи і міжнародного співробітництва ТНПУ ім. В. Гнатюка

## **11. Основні висновки за результатами виконання завдань:**

I Досліджено диференціальні та інтегральні параметри популяцій рідкісних видів роду *Gentiana*. Показано, що в усіх природних популяціях видів збільшилася роль вегетативного розмноження у процесах їх самопідтримання. Максимум у віковому спектрі багатьох популяцій змістився з молодих генеративних рослин на віргінільні, частка яких зросла за рахунок інтенсифікації процесів вегетативного розмноження. Встановлено, що в усіх локалітетах видів спостерігаються ознаки посилення стрес-толерантного типу стратегій, що вказує на погіршення умов їхнього існування.

Оцінка потенційної стійкості видів до посилення антропогенної дигресії ценозів, демутаційних змін видового складу угруповань показала, що інтенсивне пасторальне навантаження, задерніння та затінення ґрунту знижує життєздатність рослин видів *G. lutea* та *G. punctata*, життєстійкість популяцій *G. acaulis* значно знижується за посилення рекреації та затінення.

Аналіз едафічних потреб видів показав, що види *G. lutea* та *G. punctata* відрізняються від *G. acaulis* вищим акумулюванням у тканинах Нітрогену та Фосфору та зростають на ґрунтах, які характеризуються вищими концентраціями валових і катіонообмінних форм Калію, Магнію, Кальцію та Феруму, нітратною та амонійною формою Нітрогену, а також рухомого Фосфору.

Встановлено, що рослини усіх досліджених видів здатні до тривалого росту в умовах *in vitro*. Розроблено технологію, яка дозволяє швидко виводити насіння видів *G. lutea*, *G. punctata* та *G. acaulis* зі стану органічного спокою, забезпечує високий коефіцієнт його стерильності, схожості та підтримує тривалий ріст рослин в умовах *in vitro vitro* із збереженням високої життєздатності.

Розроблену з використанням видів роду *Gentiana* технологію введення в культуру *in vitro* та культивування рослин успішно використано для видів роду *Carlina*. Підбрано оптимальні умови для стерилізації і проростання насіння *C. acaulis*, *C. circioides* та *C. onopordifolia in vitro*; отримано життєздатні проростки цих видів та підбрано умови для їх вкорінення.

II Накопичення моллюсками іонів важких металів залежить як від фізико-хімічних особливостей навколишнього водного середовища. В цілому ряд акумулювання металів у тканинах моллюсків *Unio pictorum* L. має вигляд  $Zn \rightarrow Mn \rightarrow Cu \rightarrow Pb \rightarrow Cd$ , а коефіцієнти біоаккумуляції важких металів розташовуються в ряду наступним чином  $Zn > Cu > Mn > Cd > Pb$ .

Установлено, що в Ярмолинецькому районі Хмельницької області за 100-бальною шкалою еколого-агрохімічний бал у IX турі агрохімічного обстеження ґрунтів (2008 р.) становив 51 бал, що відповідає IV класу якості (ґрунти середньої якості). У X турі агрохімічного обстеження ґрунтів (2013 р.) та в XI турі (2018р.) еколого-агрохімічний бал знизився на 9 % порівняно з IX та X туром і становив 48 балів, що також відповідає IV класу якості (ґрунти середньої якості). Ґрунти Ярмолинецького району Хмельницької області відрізняються неоднорідністю за вмістом показників родючості, що впливає на їхню якісну оцінку, відповідають середній якості та є цілком придатними для ведення сільськогосподарського виробництва.

Використані, з метою розробки моделей прогнозування ГОР у ґрунтах регіону, пристрої Our Sci Reflectometer та Nix Pro™, що керуються за допомогою мобільного застосунку через Bluetooth, показали достовірні результати, а відтак, мають перспективи подальшого використання для згаданих цілей. Враховуючи, що в досліджених нами ґрунтах вміст Карбону органічної речовини змінювався у вузькому діапазоні (0,8-3,0%), коефіцієнт відбиття світла від поверхні може бути успішним інструментом експрес оцінки його вмісту, а відтак і органічної речовини, у ґрунті з високою ймовірністю – понад 69 %.

Найбільш помітне зниження концентрації дизельного пального у ґрунті було відмічено за умов додавання біочару та після вирощування культури міскантусу, що може ефективно використовуватися для ремедіації земель забруднених нафтопродуктами.

У результаті гідроекологічного дослідження водозаборів м. Ланівці шляхом порівняння отриманих показників з екологічними нормативами та стандартами якості навколишнього середовища оцінено екологічну небезпеку вмісту окремих речовин та екоотоксикологічну ситуацію в цілому. З'ясовано, що вода характеризується середньою твердістю (7,2-9,0 ммоль екв/л) та підвищеним вмістом кисню, який активно використовується в екосистемі на окиснення органічних речовин, вміст вуглекислоти знаходиться в межах допустимого рівня та свідчить про переважання її форми гідрокарбонат-йон ( $HCO_3^-$ ). Водночас, не у досліджуваних точках не спостерігалось перевищення концентрацій іонів важких металів та фосфатів у воді. Однак, одним із критичних факторів у водоймі є амоніфікація та накопичення аміаку у підвищених концентраціях. Відмічене перевищення концентрації катіонів амонію у досліджуваних точках водозаборів, що погіршує як токсикологічні, так і органолептичні характеристики питної води. На основі триманих результатів, надані відповідні наукові рекомендації щодо покращання якості питної води водозабору м. Ланівці.



**III** За сумою показників більш токсичними для *Danio rerio* є інсектициди у порівнянні з гербіцидами. Про це свідчать зміни в антиоксидантній системі (зниження загальної антиоксидантної активності, інгібування ензимів глутатіонредуктази і каталази та збільшення рівня активних форм кисню) та активація апоптичних процесів.

Стратегії адаптації чітко залежать від природи діючого чинника та ступеня його впливу. Найбільш токсичним за сумою ознак трьох організмів є хлорпірифос, найменш токсичними – раундап (екологічно релевантні концентрації) та малатіон, на що вказують ознаки окисного стресу, цитотоксичності, пригнічення детоксикаційних процесів у організмах даніо та дафнії. Спільна локалізація особин дафнії та даніо в площині графічного відображення результатів факторного аналізу підтверджує реалізацію спільних стратегій адаптації не залежно від філогенетичного походження.

Спосіб оцінки ступеня пошкоджувального впливу пестицидів на водні екосистеми включає визначення показників окисного стресу, ендокринних розладів та цитотоксичності у тканинах печінки і крові коропових риб. За значеннями інтегрального індексу біомаркерів смугастого даніо оцінюють рівень біобезпеки пестицидів для живих організмів та класифікують його як «адаптивна відповідь», «перевищення лімітів толерантності, стрес», «переддепресивний стан», «помірна токсичність», «гостра токсичність».

**IV** Запропоновано Методику оцінки біобезпеки забруднення прісноводної екосистеми ендокринними чинниками на основі аналізу набору біохімічних маркерів двостулкових молюсків

## **12. Висновок науково-технічної (наукової) ради ЗВО:**

Протокол № 1 від 12 січня 2022 р. засідання науково-технічної ради ТНПУ ім. В. Гнатюка про відповідність/невідповідність виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку, визначених у ТЗ-2021.

Ректор  
(посада)



(підпис)

Богдан БУЯК  
(ім'я та прізвище)

**Науковий керівник:**  
Проректор з наукової  
роботи та міжнародного  
співробітництва  
(посада)

A handwritten signature in blue ink, belonging to Galina Falfushinska.

(підпис)

Галина ФАЛЬФУШИНСЬКА  
(ім'я та прізвище)