

# ВІСНИК

Національного університету  
водного господарства та  
природокористування

**ISSN 2306-5478**

**В И П У С К 2(106)**

---

<https://doi.org/10.31713/vs220240>

Заснований  
у 1999 р.

Збірник наукових праць  
затверджений  
Наказом Міністерства освіти і науки  
України № 1188  
від 04 вересня 2020 р. категорія «Б»  
спеціальності – 101, 201

Збірник наукових праць

**Сільськогосподарські  
науки**

Адреса редколегії:  
33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11,  
НУВГП

Телефон: (0362)63-57-31

У збірнику опубліковані наукові статті з екології, сільськогосподарських меліорацій (сільськогосподарські науки), агрогрунтознавства та агрофізики, раціонального використання природних ресурсів, водних біоресурсів. Призначений для наукових працівників, інженерів, аспірантів та студентів навчальних закладів.

**Головний редактор:** Мошинський В. С.,

д.с.-г.н., професор, ректор.

**Заступник головного редактора:** Савіна Н. Б.,

д.е.н., професор, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків.

**Відповідальний секретар:** Вознюк Н. М.,

к.с.-г.н., професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

### **Редакційна колегія:**

**Клименко М. О.**, д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)

**Прищеп А. М.**, д.с.-г.н., професор, директор навчально-наукового інституту агроекології та землеустрою (НУВГП, Рівне)

**Лико Д. В.**, д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, географії та туризму (Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне)

**Польовий В. М.**, д.с.-г.н., професор, академік НААН України, професор кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства (НУВГП, Рівне)

**Скрипчук П. М.**, д.е.н., професор, професор кафедри менеджменту (НУВГП, Рівне)

**Гриб Й. В.**, д.б.н., професор, професор кафедри водних біоресурсів (НУВГП, Рівне)

**Клименко О. М.**, д.с.-г.н., професор, професор кафедри туризму та готельно-ресторанної справи (НУВГП, Рівне)

**Бєдункова О. О.**, д.б.н., професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)

**Гроховська Ю. Р.**, д.с.-г.н., професор, професор кафедри водних біоресурсів (НУВГП, Рівне)

**Лисиця А. В.**, д.б.н., професор, професор кафедри екології, географії та туризму (Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне)

**Мудрак О. В.**, д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, природничих та математичних наук (Комунальний вищий навчальний заклад «Вінницька академія неперервної освіти» (м. Вінниця)

**Вознюк Н. М.**, к.с.-г.н., професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)

**Ковальчук Н. С.**, к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)

**Ліхо О. А.**, к.с.-г.н., доцент, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)

**Личук Тарас**, Міністерство сільського господарства Канади, головний науковий співробітник, керівник дослідницької програми точного землеробства, Ph.D (Оттава, Канада)

**Панасюк Даміан**, доктор філософії (Wydział Inżynierii Środowiska), професор факультету біології та екології, Університет кардинала Стефана Вишинського (м. Варшава, Польща)

Матеріали збірника розглянуто і рекомендовано до видання  
Вченою радою університету 31 травня 2024 р., протокол № 5.

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП  
© Національний університет водного господарства та природокористування, 2024

**BULLETIN**  
**NATIONAL UNIVERSITY OF**  
**WATER AND ENVIRONMENTAL**  
**ENGINEERING**

**ISSN 2306-5478**  
**VOLUME 2(106)**

---

<https://doi.org/10.31713/vs220240>

Founded  
In 1999

The given Collection of Scientific Papers  
is approved by the Decree of the  
Ministry of Education and Science of  
Ukraine # 1188 dated September  
4, 2020, category "B" (majors: 101, 201)

Collection of Scientific Papers

**Agricultural Sciences**

Scientific Editorial Board Address:  
33028 Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE

Tel: (0362)63-57-31

© National University of Water and  
Environmental Engineering, 2024

The collection contains scientific papers on ecology, agricultural reclamation (agricultural sciences), agricultural soil science and agrophysics, rational use of natural resources and water bioresources. The given Bulletin is designed for scientists, engineers, graduate students and undergraduate students of educational establishments.

**Senior Editor:** Moshynskiy V. S.,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector.

**Deputy Editor:** Savina N. B., Doctor of Economics, Professor,

Vice-Rector for Research and International Relations.

**Executive Secretary:** Vozniuk N. M.,

Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Professor of

Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department.

### Scientific Editorial Board:

**Klymenko M. O.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

**Pryshchepa A. M.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of Institute of Agroecology and Land Management (NUWEE, Rivne)

**Lyko D. V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Ecology, Geography and Tourism Department (Rivne State Humanitarian University)

**Polovyi V. M.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS of Ukraine, Professor of Agrochemistry, Soil Science and Agriculture Department (NUWEE, Rivne)

**Skrypchuk P. M.** Doctor of Economics, Professor, Professor of Management Department (NUWEE, Rivne)

**Hryb Y. V.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources Department (NUWEE, Rivne)

**Klymenko O. M.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Tourism and Hotel and Restaurant Business Department (NUWEE, Rivne)

**Biedunkova O. O.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

**Hrokhovska Y. R.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources Department (NUWEE, Rivne)

**Lysytsia A. V.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Ecology, Geography and Tourism Department (Rivne State Humanitarian University)

**Mudrak O. V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Natural and Mathematical Sciences (Municipal Higher Educational Institution «Vinnytsia Academy of Continuing Education») (Vinnytsia)

**Vozniuk N. M.**, Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry (NUWEE, Rivne)

**Kovalchuk N. S.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

**Likho O. A.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

**Lychuk Taras**, Department of Agriculture of Canada, chief researcher, head of the research program of precision agriculture, Ph.D (Ottawa, Canada)

**Panasiuk Damian**, Doctor of Philosophy, Professor of Biology and Environmental Sciences Faculty, Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw (Warsaw, Poland)

All papers have been reviewed and accepted for publication by the Academic Council of the University on May 31, 2024, Academic Council Meeting Minutes #5.

Scientific Editorial Board Address: 33028, Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE  
© National University of Water and Environmental Engineering, 2024

**Бєдункова О. О., д.б.н., професор; Кузнєцов П. М., здобувач третього рівня вищої освіти;** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua; p.m.kuznietsov@nuwm.edu.ua)

### **ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ АНАЛІТИЧНИХ ПРОЦЕДУР ВИМІРЮВАННЯ МАКРОКОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД**

У сучасних аналітичних лабораторіях для визначення окремого показника можуть використовуватися різні методи. Метрологічні характеристики, вартість аналізу та конкретні стандартні процедури, рекомендовані для екологічних, медичних чи інших цілей беруться до уваги при виборі аналітичних методологій, однак зовсім практично не враховується екологічність методів, що застосовуються в хімічному аналізі. Метод іонної хроматографії (ІХГ) є багатоконпонентним, швидким методом аналізу, що дозволяє точно вимірювання концентрації іонів. Метою даного дослідження є порівняння аналітичної екологічності процедур вимірювання концентрації макрокомпонентного хімічного складу поверхневих вод. Для іонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  проведено порівняння ІХГ і титриметричних методів аналізу та для  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ІХГ і методом фотометрії полум'я. Оцінка аналітичної екологічності для процедур, що досліджувались, проведена з використанням програмного забезпечення AGREE. Процедури ІХГ мали вищі показники екологічності порівняно зі стандартними методами, особливо для визначення аніонів (бал 0,82) завдяки використанню натрію бікарбонату як елюенту, на відміну від метилсульфонової кислоти, що використовується для катіонів. Полуменева фотометрія для  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  досягла найвищого балу серед стандартних методів (0,58) через відсутність хімічних реагентів, незважаючи на використання потенційно небезпечної суміші газу пропан-бутан. Найнижчі бали отримали титриметричні методи для  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,38) і  $\text{Cl}^-$  (0,48), переважно через використання токсичних речовин, таких як барій і хромати. Титриметричні методи для  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{Ca}^{2+}$  мали бал 0,51, що значно нижче від отриманого балу екологічності для процедур

**ІХГ. Результати дослідження доводять, що вибір ІХГ для вимірювання макрокомпонентного хімічного складу поверхневих вод є доцільним з екологічної точки зору.**

**Ключові слова:** аналітична екологічність; зелена аналітична хімія; макрокомпонентний склад; поверхневі води; іонна хроматографія.

**Вступ.** У зв'язку зі збільшенням забруднення навколишнього середовища виникає потреба у створенні екологічно чистих хіміко-аналітичних методів і процедур, які матимуть позитивний вплив на довкілля. Зелена аналітична хімія (ЗАХ) – це концепція, яка заохочує використання енергозберігаючих інструментів, зниження використання токсичних речовин або сполук, а також мінімізацію відходів під час аналітичних процедур [1]. Зокрема пріоритетними напрямками є виключення застосування в аналізі органічних розчинників, реактивів та інших матеріалів, небезпечних для людини чи екосистеми, забезпечення швидких та енергозберігаючих методологій з підтриманням стандартів якості [2]. У сучасних аналітичних лабораторіях для визначення окремого показника можуть використовуватися різні методи.

При виборі аналітичних методологій, як правило, беруться до уваги переважно метрологічні характеристики, вартість аналізу та конкретні стандартні процедури, рекомендовані для екологічних, медичних, біологічних чи інших цілей. Однак, врахування екологічності аналітичного циклу вимірювання, в більшості випадків, лишається поза увагою.

Кількісне вимірювання аналітичної екологічності є багатоваріантним, складним параметром [3]. Враховуючи сучасні природоохоронні вимоги та вимоги до застосування лабораторних реагентів [4], мінімізація впливу хімічних факторів на довкілля є важливим аспектом. Екологічна аналітична процедура та сам метод вимірювання можуть характеризуватись мінімальним або жодним використанням реагентів, ощадливим споживанням енергії та відсутністю утворення відходів. Проте, цим критеріям відповідають лише деякі аналітичні процедури, які не потребують відбору, консервування, транспортування проб та пробопідготовки.

У цілому, аналітична екологічність є важливим фактором для дослідників та виробничників, які прагнуть зменшити свій вплив на навколишнє середовище, що потребує комплексного підходу для

урахування різноманітних факторів на підставі об'єктивних та гнучких критеріїв оцінювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для кількісної оцінки аналітичної екологічності процедур використовується різноманітне програмне забезпечення. Наразі найпопулярнішими показниками безкоштовного програмного забезпечення для оцінки аналітичної екологічності є AGREE та AGREErper [5]. Інструмент метрики AGREE зосереджений на всій методології та базується на принципах ЗАХ, тоді як метрика AGREErper зорієнтована на оцінюванні відбору та пробопідготовки зразків. Інструмент метрики AGREE [6] базується на оцінюванні токсичності та об'ємі реактивів, утворенні відходів, споживанні енергії, кількості процедурних кроків, можливості автоматизації. Кожен принцип перетворюється на діапазон балів із відповідним внеском. Підсумковий бал визначається з оцінки всіх принципів. Результатом є піктограма (рис. 1), де остаточний рахунок і колір показані посередині (від зеленого до червоного). Загальна оцінка показана в середині піктограми зі значеннями, близькими до 1,0.



Рис. 1. Типовий результат екологічного оцінювання аналітичної процедури (ліворуч) і відповідна кольорова шкала для довідки (праворуч) з використанням метрики AGREE [7]

Серед загальних вказівок, що допомагають збільшити аналітичну екологічність відомі:

- застосування методів прямого аналізу та уникнення процедур відбору проб та пробопідготовки;
- мінімізація об'єму (маси) проби для аналізу (при неможливості уникнення етапів відбору проб та пробопідготовки);
- надавати перевагу автоматизованим методам вимірювання;
- уникати утворенню відходів при аналізі;

- застосовувати багатокомпонентні методи вимірювання, що дозволяють проводити вимірювання декілька показників одночасно;
- надавати перевагу реактивам, отриманим з відновлюваних джерел та уникати застосування токсичних речовин [8–10].

Поруч із широким представленням екологічно чистих і сталих підходів до використання методів хімічного аналізу, доступна наукова література містить досить мало відомостей щодо порівняльних досліджень аналітичної екологічності різних способів лабораторних вимірювань параметрів стану поверхневих вод.

Наприклад, для іонної хроматографії (ІХГ), що є швидким методом багатокомпонентного аналізу з точним вимірюванням концентрації катіонів [6] та аніонів [7], у літературі описуються практики ЗАХ, переважно в галузі харчової промисловості [11; 12]. Одночасно, порівняльні дослідження екологічності ІХГ лишаються вкрай обмеженими [13].

**Мета, завдання та методики проведення досліджень.** Метою даного дослідження було порівняння екологічності визначення макрокомпонентного хімічного складу поверхневих вод за різними методиками, відповідно принципів ЗАХ. Зокрема, для показників  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  порівнювались ІХГ метод визначення з титриметричними методами; для показників  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ІХГ методи ІХГ порівнювались з методами фотометрії полум'я. Завдання дослідження полягало в систематизації та аналізі аналітичної екологічності процедур вимірювання концентрації макрокомпонентного складу поверхневих вод, що застосовуються в хіміко-аналітичній практиці України. Оцінювання аналітичних процедур проводилось засобом метрики AGREE [7], з дотриманням методології відповідного програмного забезпечення [8].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Макрокомпонентний хімічний склад поверхневих вод визначається вмістом іонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  та  $\text{CO}_3^{2-}$  [9; 10]. Оскільки вимірювання іонів  $\text{HCO}_3^-$  та  $\text{CO}_3^{2-}$  методом ІХГ є складною задачею та вимагає застосування градієнтного елюювання [11], в цьому дослідженні це не проводилось. Типовими стандартними аналітичними процедурами вимірювання концентрації  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  в поверхневих водах, що застосовуються в Україні є титриметричні методи та метод фотометрії полум'я (таблиця).



Таблиця

## Характеристика стандартних аналітичних процедур вимірювання

Компонент	ДВ, мг/дм <sup>3</sup>	δ, %	Процедура
Cl <sup>-</sup>	7–1500	± 20	[12]
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	50–500	± 9	[13]
K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup>	0,1–100 для K <sup>+</sup> та 1–200 для Na <sup>+</sup>	-	[14]
Ca <sup>2+</sup>	10–150	від 10 до 50: ± 10; від 50 до 150: ± 5	[15]
Mg <sup>2+</sup>	10–150	± 5	

Примітка: 1) ДВ – діапазон вимірювання; 2) δ – відносна похибка вимірювань

Недолік полум'яної фотометрії полягає у тому, що відносно велика кількість елементів може бути збуджена для випромінювання світла, а це може призвести до інтерференції та помилок в аналізі. Титриметричні методи є неселективними, до того ж вимагають використання токсичних речовин в аналізі.

Прилади, що застосовують для вимірювання концентрації катіонів наведені на рис. 2, а та рис. 3, а, відповідно. Розділення іонів при ІХГ вимірюванні відбувається на іонообмінній колонці, компоненти детектуються за допомогою кондуктометричного детектору. Типова хроматограма розділення катіонів та аніонів наведена на рис. 2, б та рис. 3, б, відповідно. Серед загальновизнаних переваг ІХГ методу є можливість аналізу невеликих об'ємів проби (1–5 см<sup>3</sup>), точність, селективність, можливість автоматизації. Серед недоліків можна виділити необхідність застосування дороговартісної апаратури та складність технічного обслуговування приладів.

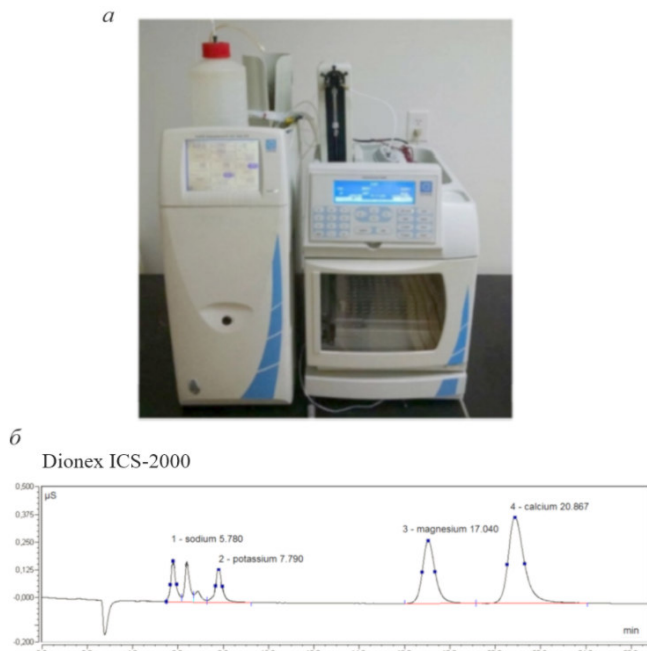


Рис. 2. Прилад ІХГ вимірювання Dionex ICS-2000 (а) і типова хроматограма розділення катіонів на колонці IonPac CS18 (б)

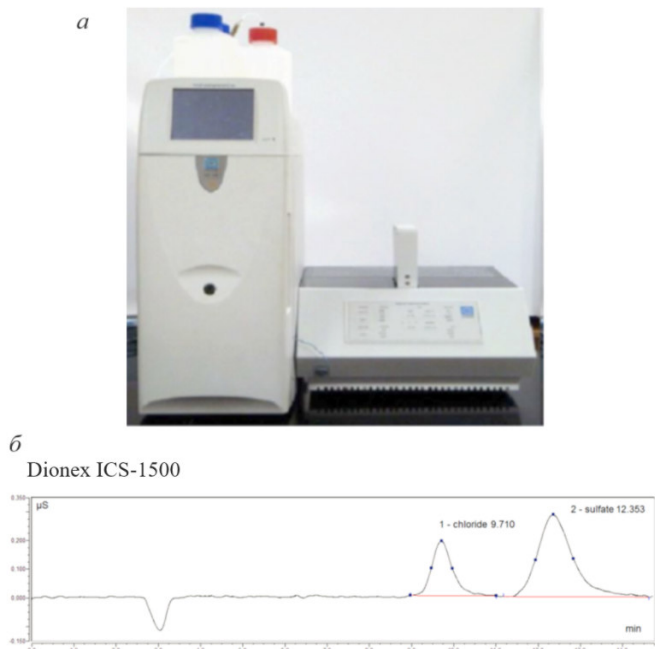


Рис. 3. Прилад ІХГ вимірювання Dionex ICS-1500 (а) і типова хроматограма розділення аніонів на колонці IonPac AS18 (б)

За результатами оцінки AGREE, процедури вимірювання концентрації макрокомпонентного складу поверхневих вод методом ІХГ отримали вищі бали аналітичної екологічності (рис. 4), порівняно зі стандартними аналітичними процедурами, що застосовуються в Україні. Вищий бал аналітичної екологічності відмічається для ІХГ визначення аніонів (бал 0,82), оскільки в якості елюенту використовується розчин бікарбонату натрію, на відміну від катіонів, де використовується метилсульфонова кислота (рис. 4, а, б).

Процедура вимірювання концентрації  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  методом фотометрії полум'я має найвищу аналітичну екологічність (бал 0,58) серед стандартних аналітичних процедур, що обумовлене відсутністю застосування хімічних реактивів в аналізі. Однак, при вимірюванні засобом фотометрії полум'я застосовується вибухонебезпечна суміш газу пропан-бутан (рис. 4, в). Найнижчі бали, а отже, і найнижчу аналітичну екологічність серед титриметричних методів мають процедури вимірювання концентрації  $\text{SO}_4^{2-}$  (бал 0,38) і  $\text{Cl}^-$  (бал 0,48), що передусім обумовлено застосуванням в аналізі токсичних та отруйних речовин – сполук барію та хроматів (рис. 4, г, д). Процедура вимірювання  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  має бал 0,51 (рис. 4, е), що значно нижче від отриманої аналітичної екологічності ІХГ процедури вимірювання.

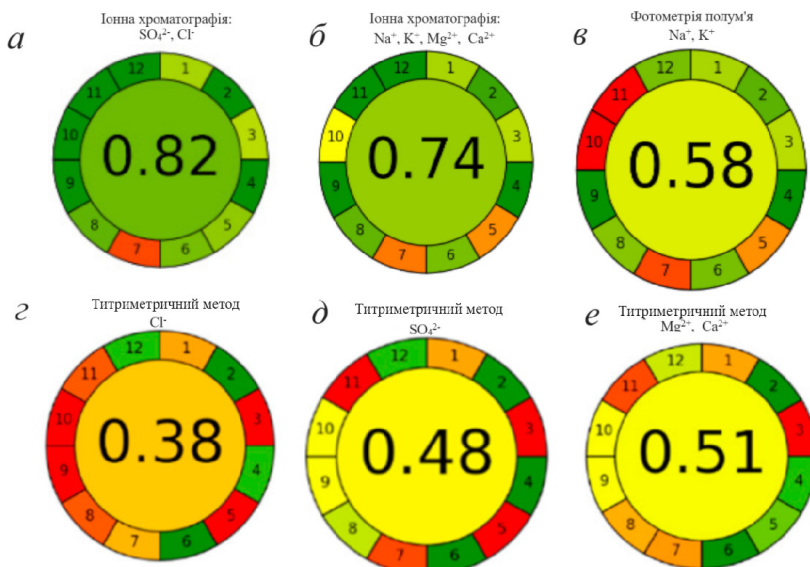


Рис. 4. Екологічність процедур вимірювання методом ІХГ (а, б); методом фотометрії полум'я (в) та титриметричними методами (г-е)

Таким чином, процедури ІХ продемонстрували вищі показники екологічності порівняно зі стандартними методами, що використовуються в Україні, особливо для визначення аніонів, завдяки використанню натрію бікарбонату як елюенту, на відміну від метилсульфонової кислоти, що використовується для катіонів. Полум'яна фотометрія досягла найвищого балу серед стандартних методів через відсутність хімічних реагентів, незважаючи на використання потенційно небезпечної суміші газу пропан-бутан. Найнижчі бали отримали титриметричні методи, переважно через використання токсичних речовин, таких як барій і хромати.

**Висновки.** Існує необхідність балансу між аналітичною точністю, екологічним впливом та практичною здійсненністю у виборі методів для оцінки якості поверхневих вод. Методи ІХГ забезпечують кращі екологічні показники для аналізу хімічного складу поверхневих вод (за показниками  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) порівняно з традиційними титриметричними методами та полум'яною фотометрією.

Програмне забезпечення AGREE є зручним інструментом для оцінки екологічності процедур хіміко-аналітичного вимірювання, однак при цьому слід брати до уваги метрологічні показники обраного методу.

Систематичні проведення порівняльних досліджень процедур хіміко-аналітичного вимірювання дозволять виявити критичні моменти екологічності методів та процедур, що застосовуються в хімічному аналізі, а отже, змінити їх на більш екологічні.

1. Shi M., Zheng X., Zhang N., Guo Y. et al. Overview of sixteen green analytical chemistry metrics for evaluation of the greenness of analytical methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2023. P. 117211.
2. Armenta S., Garrigues S., Guardia M. The role of green extraction techniques in Green Analytical Chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2015. Vol. 71. P. 2–8.
3. Tobiszewski M.; Marc M.; Gatuszka A.; Namiesnik J. Green Chemistry Metrics with Special Reference to Green Analytical Chemistry. *Molecules*. 2015. Vol. 20. P. 10928–10946.
4. Бедункова О. О., Кузнєцов П. В. Методологія застосування корекційної обробки біоцидами систем технічного водопостачання електростанцій. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2023. Вип. 2(102). С. 3–15. URL: <https://doi.org/10.31713/vs220231> (дата звернення: 05.05.2024).
5. Wejnerowska G., Narloch I. Comparison of the Greenness Assessment of

Chromatographic Methods Used for Analysis of UV Filters in Cosmetic Samples. *Analytica*. 2023. Vol. 4. P. 447–455. **6.** ДСТУ EN ISO 14911:2022 (EN ISO 14911:1999, IDT; ISO 14911:1998, IDT). Якість води. Визначення розчиненого  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{Ba}^{2+}$  за допомогою іонної хроматографії. Метод для води та стічних вод. [Чинний від 2022-12-28]. № 285; [Чинний від 2023-04-13]. № 64. 21 с. URL: <http://katalog.uas.org.ua/> (дата звернення: 08.04.2024). **7.** ДСТУ EN ISO 10304-1:2022 (EN ISO 10304-1:2009, IDT; ISO 10304-1:2007, IDT) / Поправка № 1:2022 (EN ISO 10304-1:2009/AC:2012, IDT; ISO 10304-1:2007 / Cor 1:2010, IDT). Якість води. Визначення розчинених аніонів методом рідинної іонної хроматографії. Частина 1: Визначення бромиду, хлориду, фтору, нітрату, нітриту, фосфату та сульфату. [Чинний від 2022-12-28]. № 285; [Чинний від 2023-04-13]. № 64, 23 с. URL: <http://katalog.uas.org.ua/> (дата звернення: 08.04.2024). **8.** Програмне забезпечення AGREE. URL: <https://mostwiedzy.pl/AGREE> (дата звернення: 08.04.2024). **9.** Kannaiah K. P., Chanduluru H. K. Exploring sustainable analytical techniques using G score and future innovations in green analytical chemistry. *Journal of Cleaner Production*. 2023. P. 139297. **10.** Cetinkaya A., Kaya S. I., Ozkan S. A. An overview of the current progress in green analytical chemistry by evaluating recent studies using greenness assessment tools. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2023. Vol. 168. P. 117330. **11.** Alahmad W., Kraiya C., Varanusupakul P., Tabani H. et al. Gel electromembrane microextraction followed by ion chromatography for direct determination of iodine in supplements and fortified food samples: Green chemistry for food analysis. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 358. P. 129857. **12.** D'Amore T., Di Taranto A., Berardi G., Vita V., et al. Going Green In Food Analysis: A Rapid And Accurate Method For The Determination Of Sorbic Acid And Benzoic Acid In Foods By Capillary Ion Chromatography With Conductivity Detection. *LWT*. 2021. P. 110841. **13.** Michalski R., Pecyna-Utylska P. Green Aspects of Ion Chromatography versus Other Methods in the Analysis of Common Inorganic Ions. *Separations*. 2021. Vol. 8, no. 12. P. 235. URL: <https://doi.org/10.3390/separations8120235> (accessed: 18.05.2024). **14.** Pena-Pereira F., Wojnowski W., Tobiszewski M. AGREE – Analytical GREENness metric approach and software. *Analytical Chemistry*. 2020. Vol. 92, no 14. P. 10076–10082. **15.** Armenta S., Garrigues S., Guardia M., Green Analytical Chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2008. Vol. 27, no. 6. P. 497–511. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2008.05.003>. (дата звернення: 05.05.2024). **16.** Gros N., Gorenc B. Performance of ion chromatography in the determination of anions and cations in various natural waters with elevated mineralization. *Journal of Chromatography A*. 1997. Vol. 770, no. 1–2. P. 119–124. **17.** Yu L., Zheng T., Yuan R., Zheng X. APCS-MLR model: A convenient and fast method for quantitative identification of nitrate pollution sources in groundwater. *Journal of Environmental Management*. 2022. Vol. 314, no. 4797.

- 18.** МВВ 081/12-0653-09. Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації хлоридів титриметричним методом : затв. та надано чинності Наказом Міністра охорони навколишнього природного середовища України від 21 червня 2005 р. № 219. URL: <https://online.budstandart.com/> (дата звернення: 08.04.2024).
- 19.** МВВ 081/12-0177-05. Поверхневі та очищені стічні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації сульфатів титриметричним методом : затв. та надано чинності Наказом Міністра охорони навколишнього природного середовища України від 21 червня 2005 р. № 219. URL: <https://online.budstandart.com/> (дата звернення: 08.04.2024).
- 20.** ДСТУ ISO 9964-3:2015. Визначення вмісту натрію та калію методом атомно-емісійної спектроскопії з полуменевим збудженням (ISO 9964-3:1993, IDT) : наказ від 21.12.2015 р. № 198. URL: <https://online.budstandart.com/> (дата звернення: 08.04.2024).
- 21.** МВВ 081/12-0006-01. Поверхневі та очищені стічні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації кальцію та магнію титриметричним методом : затв. наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 03.09.2002 р. № 336. URL: <https://online.budstandart.com/> (дата звернення: 08.04.2024).

## REFERENCES:

- 1.** Shi M., Zheng X., Zhang N., Guo Y. et al. Overview of sixteen green analytical chemistry metrics for evaluation of the greenness of analytical methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2023. P. 117211. **2.** Armenta S., Garrigues S., Guardia M. The role of green extraction techniques in Green Analytical Chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2015. Vol. 71. P. 2–8. **3.** Tobiszewski M.; Marc M.; Gatuszka A.; Namiesnik J. Green Chemistry Metrics with Special Reference to Green Analytical Chemistry. *Molecules*. 2015. Vol. 20. P. 10928–10946. **4.** Biedunkova O. O., Kuznietsov P. V. Metodolohiia zastosuvannya korektsiinoi obrobky biotsydamy system tekhnichnoho vodopostachannia elektrostantsii. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky : zb. nauk. prats. Rivne : NUVHP, 2023. Vyp. 2(102). S. 3–15.* URL: <https://doi.org/10.31713/vs220231> (data zvernennia: 05.05.2024). **5.** Wejnerowska G., Narloch I. Comparison of the Greenness Assessment of Chromatographic Methods Used for Analysis of UV Filters in Cosmetic Samples. *Analytica*. 2023. Vol. 4. P. 447–455. **6.** DSTU EN ISO 14911:2022 (EN ISO 14911:1999, IDT; ISO 14911:1998, IDT). *Yakist vody. Vyznachennia rozchynenoho Li+, Na+, NH4+, K+, Mn2+, Ca2+, Mg2+, Sr2+ i Ba2+ za dopomohoiu ionnoi khromatohrafii. Metod dlia vody ta stichnykh vod.* [Chynnyi vid 2022-12-28]. № 285; [Chynnyi vid 2023-04-13]. № 64. 21 s. URL: <http://katalog.uas.org.ua/> (data zvernennia: 08.04.2024). **7.** DSTU EN ISO

10304-1:2022 (EN ISO 10304-1:2009, IDT; ISO 10304-1:2007, IDT) / Popravka № 1:2022 (EN ISO 10304-1:2009/AC:2012, IDT; ISO 10304-1:2007 / Cor 1:2010, IDT). Yakist vody. Vyznachennia rozchynenykh anioniv metodom ridynnoi ionnoi khromatohrafii. Chastyna 1: Vyznachennia bromidu, khlorody, ftoru, nitratu, nitrytu, fosfatu ta sulfatu. [Chynnyi vid 2022-12-28]. № 285; [Chynnyi vid 2023-04-13]. № 64, 23 s. URL: <http://katalog.uas.org.ua/> (data zvernennia: 08.04.2024). **8.** Prohramne zabezpechennia AGREE. URL: <https://mostwiedzy.pl/AGREE> (data zvernennia: 08.04.2024). **9.** Kannaiah K. P., Chanduluru H. K. Exploring sustainable analytical techniques using G score and future innovations in green analytical chemistry. *Journal of Cleaner Production*. 2023. P. 139297. **10.** Cetinkaya A., Kaya S. I., Ozkan S. A. An overview of the current progress in green analytical chemistry by evaluating recent studies using greenness assessment tools. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2023. Vol. 168. P. 117330. **11.** Alahmad W., Kraiya C., Varanusupakul P., Tabani H. et al. Gel electromembrane microextraction followed by ion chromatography for direct determination of iodine in supplements and fortified food samples: Green chemistry for food analysis. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 358. P. 129857. **12.** D'Amore T., Di Taranto A., Berardi G., Vita V., et al. Going Green In Food Analysis: A Rapid And Accurate Method For The Determination Of Sorbic Acid And Benzoic Acid In Foods By Capillary Ion Chromatography With Conductivity Detection. *LWT*. 2021. P. 110841. **13.** Michalski R., Pecyna-Utylska P. Green Aspects of Ion Chromatography versus Other Methods in the Analysis of Common Inorganic Ions. *Separations*. 2021. Vol. 8, no. 12. P. 235. URL: <https://doi.org/10.3390/separations8120235> (accessed: 18.05.2024). **14.** Pena-Pereira F., Wojnowski W., Tobiszewski M. AGREE – Analytical GREENness metric approach and software. *Analytical Chemistry*/ 2020. Vol. 92, no 14. P. 10076–10082. **15.** Armenta S., Garrigues S., Guardia M., Green Analytical Chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2008. Vol. 27, no. 6. P. 497–511. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2008.05.003>. (data zvernennia: 05.05.2024). **16.** Gros N., Gorenc B. Performance of ion chromatography in the determination of anions and cations in various natural waters with elevated mineralization. *Journal of Chromatography A*. 1997. Vol. 770, no. 1–2. P. 119–124. **17.** Yu L., Zheng T., Yuan R., Zheng X. APCS-MLR model: A convenient and fast method for quantitative identification of nitrate pollution sources in groundwater. *Journal of Environmental Management*. 2022. Vol. 314, no. 4797. **18.** MVV 081/12-0653-09. Poverkhnevi, pidzemni ta zvorotni vody. Metodyka vykonannia vymiriuvan masovoi kontsentratsii khlorodyv tytrymetrychnym metodom : zatv. ta nadano chynnosti Nakazom Ministra okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha Ukrainy vid 21 chervnia 2005 r. № 219. URL: <https://online.budstandart.com/> (data zvernennia: 08.04.2024). **19.** MVV 081/12-0177-05. Poverkhnevi ta ochyshcheni stichni vody. Metodyka vykonannia vymiriuvan masovoi kontsentratsii sulfativ tytrymetrychnym

metodom : zatv. ta nadano chynnosti Nakazom Ministra okhorony navkolynshnoho pryrodnoho seredovysyha Ukrainy vid 21 chervnia 2005 r. № 219. URL: <https://online.budstandart.com/> (data zvernennia: 08.04.2024). **20.** DSTU ISO 9964-3:2015. Vyznachennia vmistu natriiu ta kaliuu metodom atomno-emisiinoi spektrometrii z polumenevym zbudzhenniam (ISO 9964-3:1993, IDT) : nakaz vid 21.12.2015 r. № 198. URL: <https://online.budstandart.com/> (data zvernennia: 08.04.2024). **21.** MVV 081/12-0006-01. Poverkhnevi ta ochyshcheni stichni vody. Metodyka vykonannia vymiryuvan masovoi kontsentratsii kaltsiiu ta mahniuu tytrometrychnym metodom : zatv. nakazom Ministerstva ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 03.09.2002 r. № 336. URL: <https://online.budstandart.com/> (data zvernennia: 08.04.2024).

---

**Biedunkova O. O., Doctor of Biological Sciences, Professor;**  
**Kuznietsov P. M., Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF ANALYTICAL METHODS FOR MEASURING THE MACROCOMPONENT COMPOSITION OF SURFACE WATERS**

**In modern analytical laboratories, several methods may be used to determine a single indicator. Metrological characteristics, cost of analysis and specific standard procedures recommended for environmental, health or other purposes are taken into account when selecting analytical methods, but little or no consideration is given to the environmental friendliness of the methods and procedures. Ion chromatography (IC) is a multi-component, rapid analytical method that allows accurate measurement of ion concentrations. The aim of the study is to compare the environmental friendliness of analytical procedures for measuring the concentration of the macro-component chemical composition of surface waters for  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ions: IC and titrimetric methods and  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$ : IX and flame photometry methods using the AGREE software. IC procedures demonstrated higher analytical greenness scores compared to standard methods used in Ukraine, particularly for anion determination (score 0.82) due to the use of sodium bicarbonate as an eluent, in contrast to the methylsulfonic acid used for cations. Flame photometry for  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  achieved the highest greenness score among standard methods (0.58)**



due to the absence of chemical reagents, despite using a potentially hazardous propane-butane gas mixture. The lowest scores were observed for titrimetric methods for  $\text{SO}_4^{2-}$  (0.38) and  $\text{Cl}^-$  (0.48), primarily due to the use of toxic substances like barium and chromates.  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  titrimetric methods had a score of 0.51, which was significantly lower than IC procedures. The evaluation of the methods for measuring the concentration of the macro-component chemical composition of surface waters shows that the choice of IC for measurement is appropriate from an environmental point of view.

**Keywords:** analytical greenness; green analytical chemistry; macrocomponent composition; surface water; ion chromatography.

**Броцак І. С., к.с.-г.н., доцент, Хомик Н. І., к.с.-г.н., доцент** (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, univ@tntu.edu.ua, kumox@ukr.net),  
**Мандрико М. В., директор** (ТОВ «ЛІГНІТ +» с. Ільниця, Хустський р-н, Закарпатська обл., tzovlignitplus@ukr.net), **Бровко О. З.,** (Тернопільська філія ДУ «Держґрунтохорона», м. Тернопіль, terno\_rod@ukr.net), **Гуйван М. Д., фізична особа підприємець** (с. Добрівляни, Чортківський р-н, Тернопільська обл., Guivan\_co@ukr.net), **Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua)

### НОВЕ ОРГАНІЧНЕ ДОБРИВО НА ОСНОВІ ЛІГНІТУ ТА КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ

Органічні добрива є потужним резервом підвищення родючості ґрунтів, а отже урожайності сільськогосподарських культур. Через скорочення поголів'я тварин в Україні вноситься лише 0,5 т органіки на 1 га при потребі 10–12 т. Тому важливим є розширення асортименту органічних речовин для внесення, особливо в ситуації постійного зростання цін на мінеральні добрива внаслідок зростання вартості енергоносіїв. Лігніт – різновид бурого вугілля, що містить включення слабкорозкладених деревних залишків (так зване м'яке буре вугілля). З давніх часів його використовують як органічне добриво, яке покращує структуру ґрунту, містить мікроелементи, впливає позитивно на біологічний синтез рослин. Лігніт збагачений курячим послідом – це новостворене органічне добриво «Organic MAX», яке набуває кращих характеристик і забезпечує високу ефективність. Завдяки покращенню органічної частини добрива збагачуються процеси життєдіяльності у ґрунті, проявляється позитивний вплив на ріст рослин і обмежується дія шкідливих мікроорганізмів ґрунту. При виробництві органічного добрива «Organic MAX» змішують продукти рослинного походження та відходи життєдіяльності тварин або птахів – лігніт (буре вугілля) подрібнюють до фракції 0–5 мм і змішують з курячим послідом вологістю до 60% в кількості

**20%, 30%, 40% або 50% від кількості добрива. Збагачення лігніту курячим послідом забезпечує зростання органічної речовини до 46,6% при додаванні 20% курячого посліду і до 49,3% – при умісті 30 відсотків посліду; високий вміст загального азоту 13,4–14,5 кг у кожній тонні; значне збільшення загального фосфору до 4,7 кг в одній тонні добрива при додаванні 20% курячого посліду, а при 30% посліду до 6,2 кг у тонні; помітне зростання вмісту загального калію з 20-ма відсотками курячого посліду до 3,7 кг/т, а з 30% посліду до 4,2 кг в одній тонні добрива. Також спостерігається зменшення високої кислотності природного лігніту (що є його недоліком) з сильнокислої до середньокислої і слабокислої відповідно. Тому при внесенні його на кислих ґрунтах потрібно попередньо провести вапнування. Органічне добриво вищенаведеного складу використовують залежно від якості ґрунту, для чого необхідно попередньо провести агрохімічні аналізи, і вирощуваної сільськогосподарської культури. Внесення «Organic MAX» забезпечує ефективне відновлення родючості виснажених інтенсивною експлуатацією або спочатку бідних гумусом ґрунтів, завдяки чому може бути зменшена кількість внесених у ґрунт мінеральних добрив, що має економічну та природозахисну дію.**

**Ключові слова:** гумус; поживні речовини; родючість ґрунту; гумінові речовини; органічне землеробство.

**Постановка проблеми.** Сучасне сільськогосподарське виробництво вимагає удосконалених підходів до розробки систем удобрення культур, виробництва нових видів органічних і мінеральних добрив, впровадження новітніх агротехнологій застосування агрохімікатів та сервісного обслуговування агровиробників. Впровадження екологічно чистих органічних добрив є певною альтернативою стабілізації ґрунтоутворюючих процесів та загального підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва [1].

Останні розрахунки економічної ефективності використання мінеральних добрив показали, що у зв'язку з ростом цін на продукцію хімічної промисловості їх застосування в господарствах стало менш вигідним. Така ситуація змушує аграріїв задатися питанням пошуку альтернативних джерел необхідного поживного режиму. Одним з них є органічні добрива, на які останнім часом

більшість підприємств не звертали уваги [2].

Органічним добривам належить значна роль у накопиченні запасів гумусу, рівень якого при постійному використанні хімічних добрив зменшується. Фактично гумус є енергетичною базою біологічних процесів, що відбуваються у ґрунтах, джерелом доступних для рослин мікро- і макроелементів, фізіологічно активних речовин, а також сорбентом пестицидів і важких металів. У гумусі міститься близько 97–99% всіх запасів азоту та 60% фосфору. Вміст у ґрунті гумусу є одним з найважливіших чинників родючості ґрунту, оскільки від нього залежить створення водостійкої структури, поліпшення аерації, регулювання поживного режиму і фізичних властивостей ґрунту [3]. Впливу гумусу на показники родючості можна досягти лише завдяки його оптимальному вмісту в ґрунті. Без застосування органічних добрив його втрати щорічно можуть становити від 500 кг до 1000 кг на 1 гектар. Один із варіантів підвищення вмісту гумусу в ґрунті і отримання високих урожаїв – це використання гною ВРХ. Гній великої рогатої худоби – це основне і найбільш екологічно безпечне органічне добриво. Вміст поживних речовин у ньому напряму залежить від ступеня його розкладу. У якісному підстилковому гноєві середній вміст азоту становить 5 кг/т, фосфору 2,5–3 кг/т і калію до 6 кг/т. Такий вміст поживних речовин досягається за умов правильного зберігання гною у гноєсховищах, або у польових буртах. Невпорядковане зберігання його у невеликих купах або безладно призводить до 50% втрат азоту і вуглецю, до 20–30 відсотків вимивання фосфору і калію [4].

Останні 25 років відбулось скорочення поголів'я ВРХ у 5 разів, через що забезпечення земель органічними добривами взагалі, і гноєм зокрема, значно впало. Органічні добрива в Україні застосовуються лише на 1% земель, на кожний гектар землі сільськогосподарського призначення припадає лише 0,5 т гною.

Мета – запропонувати нове доступне (на місцевій сировині) органічне добриво, дослідити способи покращення його властивостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасному землеробстві, навіть за умов практичної відсутності органічних добрив, все ж існують альтернативні шляхи вирішення та покращення ситуації: це перехід до системи біологізації землеробства; введення ґрунтоохоронних технологій, що базуються

на мінімізації процесів обробітку ґрунтів; якнайширше використання сидератів; стабілізація структури сівозмін, з обов'язковим введенням зернобобових культур та багаторічних трав; залишення на полі пожнивних решток та нетоварної частини врожаю та їх мульчування; запровадження контурної системи землеробства, виведення з землекористування еродованих та збіднених малопродуктивних земель [5–6].

Практикою останніх років доведена досить висока ефективність екологічно безпечних біопрепаратів, що в повній мірі можуть стати реальною альтернативою традиційних органічних добрив і виконувати роль не тільки добрива, але й забезпечать стабілізацію ґрунтових процесів. Тому розробка нових біологічних добрив є досить актуальна.

Лігніти (буре вугілля) Закарпаття є низькокалорійним паливом (6230–15491 кДж/кг) внаслідок високого вмісту золи (21–45% і вище) і вологи (35–63%), тому у нього низька температура горіння і невисока тепловіддача [5; 7–8].

У порівнянні з більш звичними органічними добривами, такими як вермикомпост, курячий послід, або фекалії, лігніт (м'яке буре вугілля з вмістом вуглецю в органічній речовині 63–71% і вологістю 40–60%) присутній на планеті вже понад 70 млн років. У результаті, добрива на його основі мають куди більшу кількість поживних речовин, необхідних сільськогосподарським культурам. За хімічним складом лігніт володіє дуже високим вмістом гумінової кислоти, у рази більше порівняно з традиційними органічними добривами.

Один стограмовий пакет добрива має таку ж ефективність, що і 3 тонни курячого гною. Аграрії, які спробували застосувати органічну інновацію на практиці, відзначили зростання врожайності на 40–45%.

Застосування лігніту, крім безпосереднього впливу на рослини і поліпшення родючості ґрунту, має непрямий ефект, пов'язаний з екологічністю продукції: підвищення стійкості рослини до зовнішніх чинників (несприятливих кліматичних умов, патогенів) – як наслідок загального поліпшення розвитку кореневої системи і листового апарату. Однак якщо гумінові добрива, крім явної стимулюючої дії на рослини, впливають і на родючість ґрунту, це гумінові препарати, які виділяються з них, характеризуються чітким «адресним» впливом на ростові процеси.

Звичайно, його не можна назвати повністю безбаластним, але високий вміст гумінових кислот в початковій сировині дозволяє звести цей баласт до мінімуму, а частину баласту – кремнезем, перевести в корисну форму – розчинні солі кремнієвої кислоти. Частина розчиняється у лугах органічної маси, так звані гуміни, і в процесі конверсії окислюються і переводяться у гумати. Гумінова складова лігніту є живильним середовищем для ґрунтових бактерій, володіє низьким порогом енергетичного засвоєння і тим самим сприяє їх розвитку. Не випадково активізація життєдіяльності всіх видів ґрунтових мікроорганізмів в присутності гуматів відзначалася багатьма дослідниками [9; 10].

Активна робота мікроорганізмів – це головна ланка процесу гумусоутворення. Саме тому внесення лігніту – єдиний ефективний процес відновлення родючості виснажених інтенсивною експлуатацією або спочатку бідних гумусом ґрунтів, що підтверджується високим, близько 35%, вмістом в ньому гумінових речовин. Наприклад, при внесенні однієї тонни лігніту в ґрунті утворюється 350 кг гумусу, тоді як з однієї тонни гною ВРХ, з урахуванням коефіцієнта гуміфікації 30%, тільки 30 кг гумусу [11; 12].

При внесенні лігніту у ґрунт частина гумусових речовин під дією мікроорганізмів мінералізується, вивільняючи зв'язаний раніше азот, вміст якого доходить до 7 кг на тонну, що на 2 кг більше в порівнянні з підстилковим гноєм. Гумінові сполуки, які знаходяться в лігніті, реагуючи з кальцієм, магнієм, алюмінієм і залізом, завжди присутніми в ґрунті, утворюють органо-мінеральні містки, що зв'язують механічні частинки ґрунтів в структуру, здатну протистояти ерозії, утримувати вологу і повітря, створювати сприятливе середовище для життєдіяльності мікроорганізмів, зростання і розвитку рослин. Гумати у ґрунті – це комора, де зберігається запас поживних речовин, які видаються рослині у міру його потреби в них (пат. 26663 U Україна, МПК А01В 79/02. Спосіб дезактивації території в біоценозі геосфери. – № 20041109384; заявл. 15.11.2004; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 16. – Зінченко В. О., Кусайло В. П.).

Лігніт можна назвати «повним добривом», оскільки в його складі містяться всі основні елементи живлення: азот, фосфор, калій, кальцій, магній і інші, а їх кількість наближається до гною і в окремих випадках (азот, кальцій, магній) перевершує його у два–три рази. Комбінація сполук азоту та вуглецю у лігніті дає можливість переходити в розчинну форму фосфатам, вміст яких в ньому

рівноцінний торфо-гноєвому компосту, приблизно 1 кг  $P_2O_5$  на тону, що додатково збагачує ґрунт рухомими формами фосфору, поліпшує буферну здатність ґрунтів, збільшує рухливість мікроелементів у ґрунтовому розчині [13–14].

Неможливо отримати високоефективну дію азоту на ріст урожайності без достатнього забезпечення рослин сіркою, її вміст у лігніті становить 0,5%. За рівнем засвоєння рослинами сірка займає четверте місце після азоту, калію і фосфору. Рослини засвоюють сірку протягом всієї вегетації, а найбільше до фази цвітіння. Вважається, що щорічне надходження у ґрунт 12 кг/га сірки є достатнім для задоволення потреб більшості сільськогосподарських культур. Внесення рекомендованих норм лігніту 500–800 кг/га практично повністю покриває щорічну потребу рослин у сірці [15].

При відносно низькому рівні азотного живлення дія сірки в складі лігніту позитивна за рахунок підвищення надходження фосфору в рослину. Вплив сірки часто залишається непоміченим, оскільки вона значною мірою впливає не на величину урожаю, а на його якість. У зв'язку із застосуванням фізіологічно кислих азотних добрив збільшується кислотність ґрунту, винос кальцію, магнію за межі ґрунтового профілю. Внесення лігніту у рекомендованих дозах дозволяє компенсувати втрати цих елементів і з часом привести баланс кальцію і магнію у ґрунті до позитивних величин [11].

**Матеріали та методи досліджень.** Відбір, підготовка та аналітичні дослідження проб добрива регламентувались вимогами відповідних ДСТУ, ТУ та іншими нормативними документами.

Дослідження органічного добрива на основі лігніту (буре вугілля) та курячого посліду «Organic MAX» здійснювались у лабораторних умовах на базі аналітичної лабораторії Закарпатської філії ДУ «Держґрунтохорона», а якісні показники новоствореного добрива визначали у Рівненській та Хмельницькій філіях ДУ «Держґрунтохорона».

**Результати досліджень.** Поряд із забезпеченням рослин поживними речовинами за допомогою штучно виготовлених добрив важливу роль відіграють також натуральні мінерали: в цьому випадку природний окислений лігніт (буре вугілля) з високим рівнем гуміфікації. У селі Ільниця Закарпатської області України знаходиться кар'єр з видобутку еколігніту. Ільницьке родовище (кар'єр глибиною до 10 м) має запаси понад 1 млн т бурого вугілля пліоценового віку

потужністю до 2 м. Потужність видобутку становить 50 тисяч тонн на рік. Його лігніт характеризується такими показниками (табл. 1–2).

За результатами порівняльного аналізу лігніту з Ільницького родовища Закарпаття із зразками буро-вугільної сировини з Дніпровського басейну відзначено помітно більш високий вміст гумінових речовин, основних макро- і мікроелементів.

Таблиця 1

Агрохімічна характеристика Ільницького лігніту

Показник, %	Значення
Волога (робочий стан), %	30–40
Зола, % (не більше)	4–10
pH <sub>(КСІ)</sub> , одиниць	5–6
Загальний азот, %	0,7
Загальний фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %	0,1
Загальний калій (K <sub>2</sub> O), %	0,5
Магній, %	1,0
Сірка, %	0,5
Кальцій, %	1,0
Гумінові кислоти, % не менше	35

Таблиця 2

Мікроелементний склад Ільницького лігніту

Показник	Цинк	Марганець	Мідь	Кобальт	Залізо	Бор	Молібден
Уміст, мг/кг	0,7	47,7	0,15	0,25	3,9	2,62	0,14

Під час проведення досліджень, використавши природний лігніт, було виготовлено три види добрив, а саме:

- а) чистий лігніт, подрібнений і готовий до внесення;
- б) лігніт + 20% курячого посліду, (тобто у 100 кг добрив 20 кг курячого посліду під назвою «Organic MAX-20»);
- с) лігніт + 30% курячого посліду, (тобто у 100 кг добрив 30 кг курячого посліду під назвою «Organic MAX-30»).



Із виготовлених добрив були відібрані проби і відправлені для визначення в них поживних речовин у Рівненську і Хмельницьку філії ДУ «Держґрунтохорона». У табл. 3 наведено отримані результати. Як показали аналітичні дослідження, виготовлені добрива мали різний ступінь вологи, тому для їх порівняння всі показники були перераховані на суху речовину.

Таблиця 3

**Агрохімічні властивості добрива «Organic MAX»,  
лігніту та ВРХ**

Добриво	Показники						
	Масова частка у сухій речовині, %						рН сол. одиниць
	Вологи	органічної речовини	золи	загального азоту	загального фосфору	загального калію	
Результати аналізів Рівненської філії ДУ «Держґрунтохорона»							
Лігніт	34,0	47,4	52,6	1,68	0,10	0,27	4,30
«Organic MAX-20»	38,0	49,6	50,4	1,40	0,13	0,33	4,80
«Organic MAX-30»	18,0	52,8	47,2	1,54	0,14	0,33	5,40
Результати аналізів Хмельницької філії ДУ «Держґрунтохорона»							
Лігніт	36,7	42,4	57,6	1,22	0,7	0,30	4,35
«Organic MAX-20»	39,5	43,5	56,5	1,27	0,8	0,40	4,64
«Organic MAX-30»	20,8	45,8	54,2	1,30	1,1	0,50	5,04
Середнє: Лігніт чистий	35,4	44,9	55,1	1,45	0,40	0,29	4,33
Середнє: «Organic MAX-20»	38,8	46,6	53,4	1,34	0,47	0,37	4,72
Середнє: «Organic MAX-30»	19,4	49,3	50,7	1,42	0,62	0,42	5,22
Гній ВРХ				0,5	0,25	0,6	

Уміст органічної речовини у новостворених добривах на основі лігніту «Organic MAX», за результатами Рівненської філії, у чистому

лігніті становить 47,4% і поступово зростає при додаванні курячого посліду (20%) – до 49,6 та 30% – до 52,8%. Результати Хмельницької філії дещо менші, проте тенденція до збільшення органічної речовини збереглась і показники її вмісту також зростають – від 42,4% до 43,5 та 45,8 відповідно. За середніми показниками вміст органічної речовини у даних добривах залишається на рівні від 44,9% у чистому лігніті і збільшується до 46,6% при додаванні 20% курячого посліду і до 49,3 – при умісті 30 відсотків посліду. Проведені дослідження показали, що заміна частини лігніту на курячий послід у виготовлених добривах помітно не покращила вміст органічної речовини у них. Уміст золи у добривах прямо пропорційний умісту органічної речовини, тому у чистому лігніті зола становить 55,1%, а з додаванням курячого посліду її вміст зменшується до 53,4% (при додаванні 20%) та 50,7% (при додаванні 30%).

Уміст поживних макроелементів (NPK) у новостворених добривах цілком достатній, щоб використовувати їх в аграрному комплексі як органічні добрива. Так, найбільше у них загального азоту, якого в середньому (за показниками двох філій) 1,34–1,45%, тобто у кожній тонні міститься 13,4–14,5 кг азоту, коли у традиційному органічному добриві — гноєві великої рогатої худоби (ВРХ) міститься тільки 5 кг азоту у тонні гною [3].

Уміст загального фосфору за результатами двох лабораторій має помітні розбіжності, однак за середніми показниками спостерігається значне збільшення фосфору при додаванні до лігніту курячого посліду. Так, якщо у самому лігніті уміст загального фосфору 0,4% (4 кг у 1 тонні), так при додаванні 20% курячого посліду його вміст зростає до 0,47% (4,7 кг в 1 тонні добрива), а при 30% посліду — до 0,62% або 6,2 кг у тонні новоствореного добрива, коли у традиційному гноєві ВРХ його тільки 2,5 кг в одній тонні.

За результатами двох лабораторій помітне зростання у добривах з лігніту і вмісту загального калію. Якщо у чистому лігніті його вміст становив 0,29% (2,9 кг/т), то з 20-ма відсотками курячого посліду зростає до 0,37% (або 3,7 кг/т), а 30% посліду забезпечує 0,42% калію або 4,2 кг в одній тонні добрива. Однак це дещо менше ніж у традиційному органічному добриві ВРХ, у якому міститься 0,6% калію або 6 кг в одній тонні.

Недоліком новоствореного добрива є його висока кислотність, яка у чистому лігніті має 4,33 одиниць рН (сильнокисла), а з

додаванням курячого посліду цей показник збільшується, а кислотність відповідно зменшується до 4,72 од. (середньоокисла) і 5,22 од. рН (слабоокисла) відповідно. Тому на кислих ґрунтах його потрібно вносити після вапнування.

Директор ТОВ «Лігніт+» Мандрико Максим Володимирович запатентував спосіб виробництва органічного добрива «Organic MAX», яке може бути використане для відновлення родючості ґрунтів та підвищення ефективності у сільськогосподарському виробництві.

Для цього лігніт (буре м'яке вугілля) подрібнюють до фракції 0–5 мм відомим способом. До нього додають курячий послід вологістю до 60% і ретельно перемішують за допомогою відомих змішувачів.

Залежно від кількісного складу компонентів пропонується 4 види органічного добрива «Organic MAX»:

- 80% лігніту + 20% курячого посліду;
- 70% лігніту + 30% курячого посліду;
- 60% лігніту + 40% курячого посліду;
- 50% лігніту + 50% курячого посліду.

Відповідно до кількісного складу добрива, а саме від кількості курячого посліду, добриво має назву: «Organic MAX-20», «Organic MAX-30», «Organic MAX-40», «Organic MAX-50».

**Висновки.** Запатентовано технологію виробництва екологічно чистого, ефективного та економічно обґрунтованого гумінового добрива – «Organic MAX» (лігніт, збагачений курячим послідом). За результатами проведених науково-дослідних лабораторних досліджень можна зробити висновок, що збагачення лігніту курячим послідом забезпечує:

1. Зростання органічної речовини з 44,9% до 46,6% при додаванні 20% курячого посліду («Organic MAX-20») і до 49,3% – при умісті 30% посліду («Organic MAX-30»).

2. Високий вміст загального азоту, якого в середньому (за показниками двох філій) 1,34–1,45%, тобто у кожній тонні міститься 13,4–14,5 кг азоту, коли у традиційному органічному добриві – гноєві великої рогатої худоби (ВРХ) міститься тільки 5 кг азоту у тонні гною.

3. Значне збільшення загального фосфору від 0,4% (4 кг у 1 тонні лігніту) до 0,47% (4,7 кг в одній тонні добрива) при додаванні 20% курячого посліду («Organic MAX-20»), а при 30% посліду («Organic MAX-30») – до 0,62% або 6,2 кг у тонні новоствореного

добрива, коли у традиційному гноєві ВРХ його тільки 2,5 кг в одній тонні.

4. Помітне зростання вмісту загального калію. Якщо у чистому лігніті його вміст становив 0,29% (2,9 кг/т), так з 20-ма відсотками курячого посліду («Organic MAX-20») зростає до 0,37% (або 3,7 кг/т), а 30% посліду («Organic MAX-30») забезпечує 0,42% калію або 4,2 кг в одній тонні добрива.

5. Зменшення високої кислотності природного лігніту (що є його недоліком) з 4,33 одиниць рН (сильнокисла) до 4,72 од. (середньокисла) і 5,22 од. рН (слабокисла) відповідно. Тому внесення його на кислих ґрунтах не рекомендується.

Новий продукт підходить для усіх сільськогосподарських культур. Добриво на основі лігніту служить в якості кондиціонера, покращуючи структуру ґрунту і підвищуючи доступність необхідних рослині нутрієнтів. Крім лігніту, новий продукт також містить калій і фосфор, а також понад 68 інших мікроелементів. Крім того, гумінова кислота слугує натуральним пестицидом, відлякуючи від рослин шкідників. Це дає можливість знизити інтенсивність захисних заходів або отримати більшу кількість продукції при тих же обсягах застосування хімічних засобів захисту рослин. Завдяки йому може бути зменшена кількість внесених у ґрунт мінеральних добрив, що забезпечує економічний та природозахисний ефект. На кислих ґрунтах перед внесенням проводять вапнування.

Можна рекомендувати екологічно чисте органічне добриво «Organic MAX» для використання в органічному землеробстві для відновлення родючості ґрунту, а також для приготування органо-мінеральних добрив, біостимуляторів росту рослин через високий вміст гумінових кислот.

**1.** Балюк С. А., Носко Б. С. Сучасні проблеми антропогенної еволюції ґрунтів і збереження їх родючості. *Охорона ґрунтів* : зб. наук. праць. Спец. випуск : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості». Київ, 2015. С. 8–9. **2.** Палапа Н. В., Гончар С. М. Екологічні ризики, пов'язані із сільськогосподарською діяльністю людини. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 68–80. **3.** Виробництво та використання органічних добрив : монографія / Шувар І. А. та ін. ; за ред. І. А. Шувара. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 596 с. **4.** Бортнік А. М., Бортнік Т. П., Гаврилук В. А. Ефективність мелясних відходів за вирощування картоплі (*Solanum tuberosum*) як нового

перспективного органічного добрива. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 110–118. **5.** Цмур Ю. Ю. Наукові винаходи для сільського господарства з використанням бурого вугілля. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2010. Вип. 24. С. 159–161. **6.** Зінченко В. О., Войцицький А. П., Кусайло В. П., Трембіцький В. А. Екологічні аспекти вибору комплексного гумінового добрива. *Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства : доповіді учасників міжнародної конференції 16–18 червня 2005 року*. Житомир, 2005. С. 194–197. **7.** Зінченко В. О., Вовк О. О., Новик В. Ефективність рідких органічних добрив ЕКО-ГУМАТ в рослинництві. *Біотехнологія для аграрного виробництва та захисту природного середовища : ХХ Міжнародна конференція daRostim. (07–10 вересня 2016 р.)*. Одеса, 2016. С. 85–87. **8.** Бандурович Ю. Ю., Фандалюк А. В., Яночко Ю. М., Степашук І. С. Гумусовий стан ґрунтів Закарпаття протягом 15 річного періоду. *Проблеми агропромислового комплексу Карпат : міжвідом. тем. наук. зб.* 2014. Вип. 23. С. 23–26. **9.** Зінченко В. О. Досвід застосування регуляторів росту рослин при вирощуванні сільськогосподарських культур в умовах радіаційного забруднення. *Гумінові кислоти і фітогормони в рослинництві : зб. матеріалів Міжнар. конф., 12–16 червня 2007 р. К., 2007*. С. 59–61. **10.** Зінченко В. О., Іванцов П. Д., Мандрико М. В. Біологічні способи (прийоми) відтворення і підвищення родючості ґрунту в органічному сільському господарстві. *Вісник Житомирського агротехнічного коледжу*. Житомир, 2021. Вип. 3. С. 27–32. **11.** Nowick W., Zintchtenko V. O. Ecological aspects of treating agriculture plants using growth stimulators. *Acta Biochimica Polonica*. 2007. Supplement, № 1 : Eurobiotech Biotechnology in Agriculture : 1 st International Conference and Trade Fair, 25–27 April 2007 r., Krakow. Vol. 54. P. 90. **12.** Nowick Wolfgang, Nowick Henry, Zinchenko V. O. The YEN – Chart On the share of chemical and biological nitrogen in the total yield forming of winter wheat on the example of Germany and Ukraine. *Мікробні біотехнології: актуальність і майбутнє : зб. матеріалів конф. 19–22 листопада 2012 р. / Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. м. Київ*. С. 211–215. **13.** Христева Л. А. Дія фізіологічно активних гумінових кислот на рослини при несприятливих зовнішніх умовах. *Гумінові добрива. Теорія і практика їх застосування*. Дніпропетровськ : ДСХИ, 1973. Т. IV. С. 5–23. **14.** McNeely J. A. and Scherr S. J. *Ecoagriculture: strategies to feed the world and save wild biodiversity*. Island Press, 2013.

## REFERENCES:

**1.** Baliuk S. A., Nosko B. S. Suchasni problemy antropohennoi evoliutsii gruntiv i zberezhennia yikh rodiuchosti. *Okhorona gruntiv : zb. nauk. prats. Spets.*

vypusk : materialy vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Okhorona gruntiv ta pidvyshchennia yikh rodiuchosti». Kyiv, 2015. S. 8–9. **2.** Palapa N. V., Honchar S. M. Ekolohichni ryzyky, poviazani iz silskohospodarskoiu diialnistiu liudyny. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2022. № 1. S. 68–80. **3.** Vyrobnnytstvo ta vykorystannia orhanichnykh dobryv : monohrafiia / Shuvar I. A. ta in. ; za red. I. A. Shuvara. Ivano-Frankivsk : Symfoniia forte, 2015. 596 s. **4.** Bortnik A. M., Bortnik T. P., Havryliuk V. A. Efektyvnist meliasnykh vidkhodiv za vyroshchuvannia kartopli (*Solanum tuberosum*) yak novoho perspektyvnoho orhanichnoho dobryva. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2023. № 1. S. 110–118. **5.** Tsmur Yu. Yu. Naukovi vynakhody dlia silskoho gospodarstva z vykorystanniam buroho vuhillia. *Naukovi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu*. 2010. Vyp. 24. S. 159–161. **6.** Zinchenko V. O., Voitsytskyi A. P., Kusailo V. P., Trembitskyi V. A. Ekolohichni aspekty vyboru kompleksnoho huminovoho dobryva. *Ekolohiia: problemy adaptyvno-landshaftnoho zemlerobstva : dopovidi uchasnykiv mizhnarodnoi konferentsii 16–18 chervnia 2005 roku*. Zhytomyr, 2005. S. 194–197. **7.** Zinchenko V. O., Vovk O. O., Novyk V. Efektyvnist ridkykh orhanichnykh dobryv EKO-HUMAT v roslynnytstvi. *Biotekhnolohiia dlia ahrarynoho vyrobnnytstva ta zakhystu pryrodnoho seredovyshcha : XX Mizhnarodna konferentsiia daRostim. (07–10 veresnia 2016 r.)*. Odesa, 2016. S. 85–87. **8.** Bandurovych Yu. Yu., Fandaliuk A. V., Yanochko Yu. M., Stepashuk I. S. Humusovy stan gruntiv Zakarpattia protiahom 15 richnoho periodu. *Problemy ahropromyslovoho kompleksu Karpat : mizhvidom. tem. nauk. zb.* 2014. Vyp. 23. S. 23–26. **9.** Zinchenko V. O. Dosvid zastosuvannia rehulatoriv rostu roslyn pry vyroshchuvanni silskohospodarskykh kultur v umovakh radiatsiinoho zabrudnennia. *Huminovi kysloty i fitohormony v roslynnytstvi : zb. materialiv Mizhnar. konf., 12–16 chervnia 2007 r. K., 2007*. S. 59–61. **10.** Zinchenko V. O., Ivantsov P. D., Mandryko M. V. Biolohichni sposoby (priiomy) vidtvorennia i pidvyshchennia rodiuchosti gruntu v orhanichnomu silskomu gospodarstvi. *Visnyk Zhytomyrskoho ahrotekhnichnoho koledzhu*. Zhytomyr, 2021. Vyp. 3. S. 27–32. **11.** Nowick W., Zintchtenko V. O. Ecological aspects of treating agriculture plants using growth stimulators. *Acta Biochimica Polonica*. 2007. Supplement, № 1 : Eurobiotech Biotechnology in Agriculture : 1 st International Conference and Trade Fair, 25–27 April 2007 r., Krakow. Vol. 54. P. 90. **12.** Nowick Wolfgang, Nowick Henry, Zinchenko V. O. The YEN – Chart On the share of chemical and biological nitrogen in the total yield forming of winter wheat on the example of Germany and Ukraine. *Mikrobnii biotekhnolohii: aktualnist i maibutnie : zb. materialiv konf. 19–22 lystopada 2012 r. / Instytut mikrobiolohii i virusolohii im. D. K. Zabolotnoho NAN Ukrainy. m. Kyiv*. S. 211–215. **13.** Khrysteva L. A. Diia fiziolohichno aktyvnykh huminovoykh kyslot na roslyny pry nespryiatlyvykh zovnishnykh umovakh. Huminovi dobryva. Teoriia i praktyka yikh zastosuvannia. Dnipropetrovsk : DSKhY, 1973. T. IV.

S. 5–23. **14.** McNeely J. A. and Scherr S. J. Ecoagriculture: strategies to feed the world and save wild biodiversity. Island Press, 2013.

---

**Broshchak I. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Khomyk N. I., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Ternopil Ivan Puluy National Technical University), **Mandryko M. V., Director** (TOV "Lihnit+", Ilnytsia village, Khust district, Zakarpattia), **Brovko O. Z.** (Ternopil Branch of State Institution "Soils Protection Institute of Ukraine"), **Huivan M. D., Entrepreneur** (Dobrivlyany village, Chortkivsky district, Ternopil region), **Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **NEW ORGANIC FERTILIZER BASED ON LIGNITE AND CHICKEN MANURE**

**Organic fertilizers are a powerful reserve for increasing soil fertility, and therefore crop productivity. Due to the reduction in the number of animals in Ukraine, only 0.5 tons of organic matter are applied per 1 hectare with a demand of 10–12 tons. Therefore, it is important to expand the range of organic substances for application, especially in situations of constant growth in prices for mineral fertilizers due to rising energy costs. Lignite is a type of brown coal containing the inclusion of poorly decomposable wood residues (the so-called soft brown coal). Since ancient times, it has been used as an organic fertilizer that improves the structure of the soil, contains trace elements, and has a positive effect on the biological synthesis of plants. Lignite is enriched with chicken droppings – this is a newly created organic fertilizer "Organic MAX" which acquires better characteristics and provides high efficiency. Due to the improvement of the organic part of the fertilizer, the processes of vital activity in the soil are enriched, a positive effect on plant growth is manifested and the effect of harmful soil microorganisms is limited. In the production of organic fertilizer "Organic MAX," plant products and animal or bird waste are mixed – lignite (brown coal) is ground to a fraction of 0–5 mm and mixed with chicken droppings with humidity up to 60% in an amount of 20%, 30%, 40% or 50% of the amount of fertilizer. Enrichment of lignite with chicken droppings provides growth of organic matter up to 46.6% with the addition of 20% chicken droppings**

**and up to 49.3% with the content of 30 percent droppings; high content of total nitrogen 13.4–14.5 kg in each ton; a significant increase in total phosphorus to 4.7 kg per ton of fertilizer with the addition of 20% chicken droppings, and at 30% droppings to 6.2 kg per ton; a noticeable increase in total potassium content from 20 percent of chicken droppings to 3.7 kg/t, and from 30% of droppings to 4.2 kg in one ton of fertilizer. There is also a decrease in the high acidity of natural lignite (which is its disadvantage) from strongly acidic to medium acidic and weakly acidic, respectively. Therefore, when applying it on acidic soils, it is necessary to first carry out liming. The organic fertilizer of the above composition is used depending on the quality of the soil, for which it is necessary to conduct preliminary agrochemical analyses, and the grown crop. The application of "Organic MAX" provides an effective restoration of the fertility of soils depleted by intensive exploitation or initially poor in humus, due to which the amount of mineral fertilizers applied to the soil can be reduced, which has an economic and environmental protection effect.**

***Keywords:* humus; nutrients; soil fertility; humic substances; organic farming.**



**Гриб Й. В., д.б.н., професор, Троцюк В. С., к.с.-г.н., доцент,  
Войтишина Д. Й., здобувач** (Національний університет водного  
господарства та природокористування, м. Рівне,  
y.v.hryb@nuwm.edu.ua, v.s.trotsyuk@nuwm.edu.ua)

## **РЕАБІЛІТАЦІЯ СТАНУ РІЧКОВИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ В СВІТЛІ РЕАЛІЗАЦІЇ СВІТОВОЇ СТРАТЕГІЇ ОХОРОНИ ПРИРОДИ**

Рибопродукція складає третину світового балансу постачання білка населенню, в тому числі прісноводні екосистеми постачають близько 20% рибної продукції. На кінець 80-х років у поверхневих водах Західного Полісся України працювало 12 бригад з вилову аборигенних видів риб. З того часу, внаслідок осушення боліт, регулювання і спрямлення русел річок, перевилу риби риболовні бригади з промислового вилову риб зникли, знизилось видове різноманіття і продуктивність таких видів риб, як морена, рибець, білізна, під загрозою зникнення золотий карась, щука, судак, в'юн, підуст. Повну стерилізацію русел річок Горинь і Стир в минулі роки провели аварійні скиди стічних вод Острозького, Дубенського та Горохівського цукрозаводів. Внаслідок замулення річково-озерної мережі твердим стоком і формуванням сірководневих зон на межі водного середовища і донних відкладів, знизилась відтворювальна функція поверхневих вод. Спостерігається перевантаження надходження антропогенних домішок над природною екологічною ємністю річково-озерної мережі, внаслідок накопичення домішок відбувається зміна сукцесій та зміна складу гідробіонтів, в тому числі вищої ланки трофічного ланцюга – аборигенної іхтіофауни. Внаслідок порушення стійкості водного середовища підвищується вразливість екосистеми, що призводить до формування кризових ситуацій і формування нової стадії сукцесійних змін складу гідробіонтів.

Для збереження аборигенної іхтіофауни та підвищення стійкості екосистем необхідна реалізація світової стратегії охорони природи, зокрема збереження природних локалітетів відтворення видового різноманіття аборигенної іхтіофауни та рибопродуктивності, підвищення якості води.

**Ключові слова:** прісноводні екосистеми; аборигенна іхтіофауна; промислові види риб; генетика; світова стратегія охорони природи.

**Вступ.** За матеріалами Світової стратегії охорони природи водне середовище дає біля 20% тваринного білка в харчуванні людини. На кінець ХХ ст. було виловлено близько 72 млн т риби, з них 12% складала прісноводні риби. Згідно з офіційними джерелами в сучасний період в Світовому океані знизилась рибопродуктивність через перевиллов риби та погіршення якості води. На території України в нижній течії Дніпра та Дніпро-Бузькому лимані вилов риби зменшився вдвічі, причому половину вилову складала тюлька, знизилась продуктивність промислових видів риб.

В басейні р. Прип'ять у 70-ті роки ХХ ст. працювало 12 бригад з вилову аборигенних видів риб. З того часу, внаслідок меліоративного і гідротехнічного будівництва значно погіршилися умови відтворення риб, рибопродуктивність та якість водного середовища. Згідно з даними Міністерства екології та природних ресурсів України по Київському водосховищу, яке приймає стік р. Прип'ять, зросла концентрація органічних речовин за рахунок дренажу води з переосушених заболочених територій, зросла концентрація іонів закисного заліза до  $1,5 \text{ мг/дм}^3$  (ГДК за водою рибогосподарського призначення  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ) та марганцю до  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  (ГДК –  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ ).

Внаслідок таких явищ відбулось падіння вмісту розчиненого кисню у воді р. Прип'ять в створі смт Ратно навіть в період літньої межени до  $1 \text{ мг/дм}^3$ , а в самому Київському водосховищі на мілководдях на початок льодоставу спостерігались явища задух риби.

**Постановка проблеми.** Сучасний стан забезпеченості очищення комунальних стічних вод урбанізованих територій, оснований на механічному очищенні та біологічному знезараженні на біофільтрах та аеротенках. Однак, це лише частина проблеми зниження впливу на природні водні екосистеми. Невирішеною залишається проблема третинного біологічного доочищення комунальних стоків від біогенних сполук, бактеріального, вірусного і гельмінтного забруднення. Крім цього, не повністю вирішена проблема повної утилізації активного мулу після очисних споруд, який у більшості

скидається із стічними водами, як це відмічено нижче очисних споруд м. Здолбунів і цементно-шиферного комбінату. Також не вирішеною є проблема очищення зливових вод нижче урбанізованих територій, які за масою домішок рівнозначні комунальним стічним водам. Отже, на сьогодні проблема якості води річкової мережі є проблемою загальнонаціонального рівня. Крім екологічної проблеми, це проблема збереження здоров'я населення, зокрема попередження поширення онкозахворювань та гельмінтних інвазій.

**Вивченість проблеми.** Стан річкових та озерних екосистем вивчається на державному рівні органами Держгідромету а також системами гідрохімічних лабораторій бувшого Мінмеліоводгоспу та науковими підрозділами НАН України. Проведена паспортизація стану малих річок України, Інститутами гідробіології та географії НАН України опрацьовано та вперше видана карта екологічної ситуації в поверхневих водах. Свій науковий вклад у цю проблему внесли вчені Мережко О. І., Гриб Й. В., Набиванець Б. Й., Чернявська А. П. та ін. Однак ця ситуація вимагає подальшого вивчення проблеми і розробки компенсаційних заходів за кожним басейном на державному рівні.

**Метою** досліджень є розробка методології визначення впливу біотичних і абіотичних чинників на формування якості поверхневих вод.

**Об'єктами досліджень** є річкова та озерна мережа рівнинної частини території України.

**Методи досліджень.** Вивчення проблеми гідроекологічної ситуації відомчими інститутами та державними установами проводилось з 50-х років XIX ст. (Коненко А. Д.) за апробованими гідрохімічними, гідробіологічними і токсикологічними методиками за затвердженими створами спостережень, а також за басейнами річок згідно з науковою тематикою профільних інститутів.

**Результати досліджень.** Емерджентні наслідки освоєння річкових басейнів в басейні верхів'я р. Прип'ять та її правобережних приток. В процесі використання річково-озерної мережі спостерігались гармонійні відносини суспільства і природи. Зокрема, у басейні старіючого оз. Скоринь була створена фантомна водойма-нерестовище, яке слугувало місцем відтворення аборигенної іхтіофауни. Сліди цього сполучення прослідковуються ще з часів неоліту. В сучасний період, внаслідок пониження рівня ґрунтових

вод, фантомна водойма пересихає, а молодь риби місцеве населення використовує для годівлі тварин. Здавна в басейні р. Горинь нижче с. Бегень, було створено дві штучні рибоводні водойми та стави, як природні нерестовища для щуки, які існують і понині.

Водночас можна навести негативні сучасні приклади трансформації річково-озерної мережі при проведенні меліоративних і гідротехнічних робіт. Так, при будівництві Верхньо-Прип'ятьської та Копайвської осушувальних систем, внаслідок пониження рівня ґрунтових вод до 1 м спостерігається відтік води і обміління оз. Луки у Шацькому національному природному парку. Негативним прикладом у відсутності екологічного підходу є проведення осушувальних робіт у басейні р. Льва, яка протікала через три озера – Тухове, Верхнє і Нижнє, причому оз. Тухове рахувалось найглибшим в Україні і мало глибину до 60 м. При цьому оз. Тухове було місцем збереження генетичних форм аборигенних видів риб, в тому числі сазана, як матеріалу для гібридизації риб.

Внаслідок спрямлення русла р. Льви та її зарегулювання озера були ізольовані від відтворювального комплексу р. Прип'ять, а стік р. Льви в період межені втрачався в осушеній заплаві.

Показовим у екологічно-необґрунтованій трансформації є спрямлення русла р. Трубіж і створення осушувально-зрошувальної Трубежанської меліоративної системи. За 40 років експлуатації осушеної території, рівень денної поверхні заторфованої заплави знизився на 1,5 м внаслідок невідповідності нульової відмітки дна магістрального каналу (або бувшого русла річки) та поверхні заплави, відбулось її затоплення. В такій ситуації виникла необхідність повторного поглиблення русла річки, що дало можливість використання звільненої території під вирощування сільськогосподарських культур. Однак, в подальшому, при зростаючій мінералізації торфу знизився рівень дренажу ґрунтових вод прилягаючої території, що призвело до порушення живлення і стійкості кореневої системи листяних дерев, і як наслідок – до деградації лісового масиву, лісоповалу.

Тепер розглянемо схему заболочених і осушуваних земель в басейні р. Прип'ять. Крім того, що осушені території займають значну площу, рівень впливу на прилягаючі до них землі вдвічі більший, що призвело до пониження рівня ґрунтових вод на 0,5–0,7 м. Згідно з схемою, наведеної ІГІМ УААН, в перспективі

передбачалось осушення всього заторфованого басейну р. Прип'ять, що призвело би, при її реалізації, до повторення трубежанського синдрому.

Водно-болотний масив Прип'ятської низовини є єдиним в Україні, де частково збережені природні умови відтворення аборигенної іхтіофауни, зокрема таких видів, як річковий вугор, територія існування якого поширена від р. Західний Буг (притоки р. Вісла), до Шацьких озер, русел річки Прип'ять та її приток річок Турії, Стоходу, Стира і Горині.

Тут необхідно звернути увагу на особливості фізіології та живлення річкового вугра. Вугор живиться донними безхребетними (личинками струмковика, веслокрилок та іншими бентосними організмами), перебуваючи у придонних шарах та ховаючись у мулі. Внаслідок замулення річково-озерної мережі та формування сірководневих зон, деградації бентосних організмів та забруднення іонами міді, знизилась рибопродуктивність за смітною рибою, як потенційного джерела живлення вугра, змінився ареал його поширення та чисельність. Відповідно до сформованої ситуації з якістю води оз. Світязь, його репродуктивність на сьогодні складає 0,56 кг/га водного дзеркала.

Тобто в сучасній гідрологічній і екологічній ситуації, стратегія охорони і відродження рибних запасів регіону вимагає значного відродження.

Аналізуючи просторове розташування озерної мережі Поліської низовини та природні локалітети гідромеліорації, необхідно відзначити їх негативний вплив на іхтіо-екологічну ситуацію зон мешкання риб. Крім природного старіння внаслідок випаровування та заростання фітомасою вищої водної рослинності, відбувається антропогенний вплив на обміління літоралі, евтрофікацію водного середовища та формування кисневого режиму і кормової бази. Спостерігається тугорослість, зміна складу іхтіофауни та лімнофільний склад популяцій.

Враховуючи чотиривимірний склад формування річкових екосистем, як приймачів підземного, поверхневого і ґрунтового стоку, а також стічних вод урбанізованих територій, вівся моніторинг стану водного середовища вздовж русел. Згідно з нашою легендою, разом з вченими Інституту географії НАН України була розроблена карта стану поверхневих вод, а також, з Європейським інститутом

географічних досліджень, була випущена карта стану поверхневих вод території України у складі географічної мережі Західної Європи. Згідно з проведеними дослідженнями були визначені точки «гарячих забруднень» нижче великих міст. Однак, в комплексі екологічних досліджень не були повною мірою враховані емерджентні наслідки впливу сторонніх домішок, зокрема маси зависей, що попадали в річкову мережу із стічними та зливовими водами, а також поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь. При нормативі вмісту зависей у рибоводних водоймах  $10 \text{ мг/дм}^3$  фактична маса зависей складала від 0,1 до 2–3  $\text{г/дм}^3$ . Внаслідок цього в русловій мережі, в руслових заплавах, зимувальних ямах депонувалась значна маса твердого соку, формуючи абіогенні зони з дефіцитом розчиненого кисню, плівкою сірководню та відсутністю бентосних безхребетних гідробіонтів, тобто умови для життєдіяльності і відтворення аборигенної іхтіофауни не формуються і цей процес переходить у річкову придаткову мережу. Особливо гостро негативний вплив стоку з урбанізованих територій відмічається в руслових водосховищах, нижче за течією.

За еталонні досліджувані водні об'єкти нами були прийняті р. Іква нижче м. Дубно і р. Устя нижче м. Рівне. У Млинівському русловому водосховищі за 50 років експлуатації товщина мулових відкладів складала до 1,5 м з формуванням повітряно-водних заростей вищої водної рослинності на мілководдях. Умови для відтворення аборигенної іхтіофауни не були сформовані, а в екосистемі для дихання риб залишилося біля 20% маси розчиненого кисню. Остання маса кисню була витрачена на окислення донних відкладів та дихання вищої водної рослинності (рисунок).

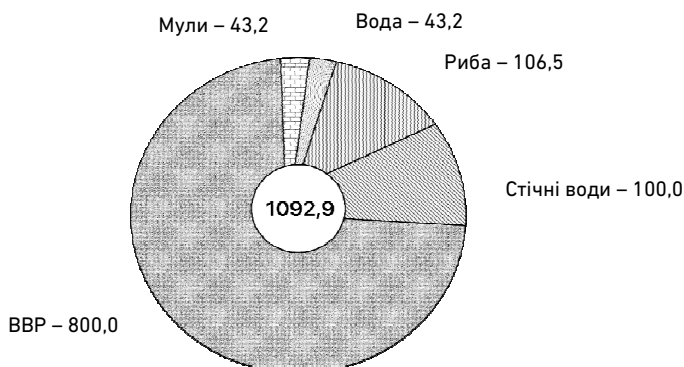


Рисунок. Розподіл споживання розчиненого кисню водним середовищем р. Іква у верхній течії (верхів'я руслового водосховища), кг O<sub>2</sub>

Аналогічна ситуація з депонування маси домішок від поверхневого стоку та стічних вод м. Рівне склалася на Зозівському русловому водосховищі площею 300 га. Внаслідок депонування домішок, мулові відклади склали більше 2 м, а заростання фітомасою вищої водної рослинності та сплавинами склало більше 50% поверхні водного дзеркала. Інтродукція молоді промислових видів риб, в т.ч. білого амура, коропа, товстолоба, не дала позитивного результату, крім виживання здрібнілого карася та ротана через невідповідну якість води рибоводним нормативам.

За умовами формування якості води досліджуваних малих річок нижче урбанізованих територій, формувались іхтіоекологічні умови каскаду руслових Дніпровських водосховищ та виникнення кризових ситуацій.

Відповідно до світової стратегії з охорони природи метою відтворення видового різноманіття і продуктивності аборигенної іхтіофауни, необхідно вживати термінові заходи щодо збереження природних локалітетів рибовідтворення та підвищення ефективності очищення комунальних стічних і зливових вод по всій території України. Для цього, після припинення воєнних дій держава повинна виділити значні кошти для відтворення і охорони природи довкілля.

У зв'язку із зміною гідрологічних умов і якості води необхідно змінити методологічні підходи при оцінці результатів моніторингу поверхневих вод та оцінки природної рибопродуктивності. Зокрема, в оцінку екологічного індексу якості води необхідно ввести індекс вмісту механічних домішок (зависей), ГДК яких для рибогосподарських водойм складає 10 мг/дм<sup>3</sup>. Водночас нижче урбанізованих територій вміст зависей склав 50 мг/дм<sup>3</sup>, підвищуючись до 2–3 г/дм<sup>3</sup> в період повені, що формує потужні відклади у руслах річок, впливає на продуктивність бентосних безхребетних як корму для риб, а також на кисневий режим, поглинаючи розчинений кисень. Тобто в розрахунках можна прийняти формулу визначення екологічного індексу якості води за наступними факторними індексами

$$I_e = (I_{e \text{ тр-сапр}} + I_{e \text{ токсик}} + I_{e \text{ завис}} + I_{\text{гідробіол}}) / 4, \quad (1)$$

де  $I_{e \text{ тр-сапр}}$  – визначається за фактичним вмістом розчиненого кисню у воді до 100% його насичення;  $I_{e \text{ токсик}}$  – визначається за вмістом іонів

міді до нормативних рибогосподарських концентрацій;  $I_{e \text{ завис}}$  – визначається за фактичним вмістом зависей у воді до нормативних величин ( $10 \text{ мг/дм}^3$ );  $I_{\text{гідробіол.}}$  – гідробіологічний індекс за усередненими даними видового різноманіття аборигенної іхтіофауни та бентосними кормовими безхребетними організмами (за індексами Будівісса, Гуднайта – Уітлея і Майєра).

У більшості басейнів річок рівнинної частини території України мінералізація води не перевищує значень індексу для першого класу, крім степової зони, і не впливає суттєво на цей показник.

Особливу увагу слід звернути на вміст у воді річкової мережі та в заплавах озер іонів міді як основного елементу подавлення фотосинтезу і розвитку фітомаси мікроводоростей. Якщо в басейнах річок Горинь і Стир підвищений вміст іонів міді у водному середовищі можна прив'язати до використання мідного купоросу в системі охолодження АЕС, то в таких заповідних водних об'єктах, як поозер'я Шацького НПП та річкової мережі басейну р. Прип'ять, вміст міді пов'язаний з впливом покладів поліметалічних руд. Вміст іонів важких металів у поозер'ї Шацьких озер наведено у табл. 3. Зокрема, наявність цих покладів нами була передбачена при дослідженні гідрохімічного режиму у верхів'ях р. Прип'яті та Шацьких озер ще на початку 70-х років ХХ ст. Можна передбачити, що розвідувальні свердловини при оконтурюванні мідно-рудного тіла не були належним чином затамповані, що спричинило перетік забруднених напірних вод до озерної мережі. При гранично допустимій концентрації іонів міді для рибогосподарських водойм  $1 \text{ мкг/дм}^3$  перевищення в озерах складало до  $40 \text{ мкг/дм}^3$ . Надходження іонів міді, а також інших важких металів, зокрема свинцю, марганцю, закисного заліза, і срібла підтверджується їх наявністю в донних відкладах [8]. Можна передбачити, що саме токсичний вплив іонів міді є причиною слабкої кормової бази і малої рибопродуктивності оз. Світязь.

Кластерний аналіз чинників впливу на формування рибопродуктивності та видового складу аборигенної іхтіофауни річково-озерної мережі.

Згідно Світової стратегії охорони природи 67% випадків деградації чисельності і складу дикої фауни формують порушення зони мешкання. Згідно наших досліджень, негативний вплив стану водного середовища на склад аборигенної іхтіофауни складає до



90%. Чинники впливу визначені безпосередньо у воді, як середовищі мешкання риб, так і на суходолі, підсистеми якого у басейнах водних об'єктів безпосередньо впливають на стан екосистеми, однак формують водність та якість поверхневого стоку. Необхідно врахувати, що виключення хоча б одного чинника впливу на формування стану екосистеми формує кризову ситуацію для всієї екосистеми.

Лімітуючими чинниками у формуванні стану водного середовища досліджуваних об'єктів були якість води, замулення, токсичність, кормова база, вміст розчиненого кисню – формула 1. Відповідно до визначення стану екологічної ситуації, провідним чинником у її порушенні були характеристики, які знаходились у мінімумі. Це була токсичність, замулення та вміст розчиненого кисню. Відповідно, стан екосистеми визначався за факторними коефіцієнтами  $K_2$ ,  $K_4$  та  $K_6$ .

Лімітуючими чинниками на суходолі були розораність, залугованість, стан прибережних смуг та демографічне навантаження, чисельність проміжних зон (екотонів) – формула 2.

Таблиця 1

Чинники впливу на стан водного середовища річково-озерної мережі басейну р. Прип'ять та їх екологічна оцінка

№ з/п	Блок А. Водне середовище		№ з/п	Блок Б. Суходіл	
	чинники	вартість порушень, бали		чинники	вартість порушень, бали
1	БСК <sub>5</sub>	4	1	Розораність	5
2	Кисневий режим, РК	4	2	Залугованість	5
3	Заростання водного дзеркала вищою водною рослинністю	4	3	Залісненість	5
4	Замулення, зависі	5	4	Чисельність екотонів	5
5	Кормова база (зоопланктон)	4	5	Заболоченість, озерність	2
6	Токсичність $Cu^{2+}$	5	6	Прибережні смуги (їх наявність)	5
7	Аборигенна іхтіофауна, чисельність	4	7	Демографічне навантаження-стоки	5

продовження табл. 1

8	Гідрологічний режим, спрямлення, регулювання	5	8	Заповідність	3
Розрахункова формула $I_e$			Розрахункова формула $K_e$		
N = 35			N = 38		
$I_e = (K_2 + K_4 + K_6)/3 = 4,3$ (1) (4 клас, стан кризовий)			$K_e = (K + K + K)/(K + K + K + K) = 1,0$ (2) (слабка буферність)		

Перевищення значень чинників за басейнами складало у 4–5 разів, тобто, не дивлячись на заходи, що вживало суспільство, стратегія охорони природи не була чітко визначена. При існуючій екологічній ситуації екосистеми поверхневих вод є під загрозою обміління (тобто в процесі старіння), токсичних впливів, деградації додаткової мережі. Аборигенна іхтіофауна існує за рахунок гирлових ділянок річок Горинь, Случ, Стир, Виживка, Стохід та проміжних бокових екотонів із атмосферним живленням, тобто річки живуть заплавою.

Сучасна епоха розвитку суспільства визначається як антропоцен, що прирівнюється до геологічного чинника і за В. І. Вернадським є планетою розуму. Відношення до «плівки життя», особливо водного середовища, було у більшості прагматичним, екологічно не обґрунтованим.

Таблиця 2

Оціночна шкала впливу чинників у формуванні стану водних екосистем за математичним рядом чисел Фібоначчі

А. Водне середовище (питома вага впливу)

Розмірність	№ чинника	Значення за класами				
		1	2	3	4	5
мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1	1,0	3,0	5,0	8,0	12,0
мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2*	> 8,0	6,0	4,0	3,0	< 2,0
%	3	< 10,0	20,0	30,0	50,0	> 50,0
мг/дм <sup>3</sup>	4	5,0	10,0	20,0	40,0	> 40,0
мг/дм <sup>3</sup>	5	12,0	10,0	6,0	4,0	< 4,0
мкг/дм	6	< 1,0	2,0	4,0	6,0	> 6,0
кількість	7	20,0	17,0	12,0	8,0	5,0
чисельність	8	0	2,0	4,0	8,0	> 10,0

Примітка: \* - кисневий режим у період літньої межени. Значення порядку чинників наведено у попередній таблиці

### Б. Суходільні підсистеми (питома вага впливу)

Розмірність	№ чинника	Значення за класами				
		1	2	3	4	5
%	1	< 30,0	40,0	56,0	80,0	> 80,0
%	2	≤ 20,0	15,0	10,0	5,0	< 5,0
%	3	> 40,0	30,0	20,0	14,0	< 14,0
%	4	100,0	70,0	50,0	40,0	< 40,0
%	5	6,0	4,0	2,0	1,0	< 1,0
%	6	100,0	70,0	50,0	40,0	< 40,0
чол/км <sup>2</sup>	7	30,0	50,0	80,0	120,0	> 120,0
%	8	50,0	40,0	30,0	20,0	< 20,0
Класи		I (1)	II (2)	III (3)	IV (4)	V (5)

Не можна сприймати використання річкової мережі, як придатка до очисних споруд стоків урбанізованих територій, та вважати їх «гарячими точками» забруднень. Щодо впливу поверхні водозбору, то оптимальним співвідношенням порушених і непорушених територій є 50:50, а фактично 70:30, а по деяких басейнах малих річок 90:10. Хоча все ж лімітуючим чинником забруднень поверхневих вод є стоки від демографічного навантаження та постійні стоки стічних та зливових вод з урбанізованих територій (70% чисельності шкідливих домішок) та періодичний поверхневий твердий стік із розораних сільськогосподарських угідь (біля 20% шкідливих домішок – біогенів, та токсичних). Таким чином, фермерські господарства на прибережних територіях – це вразливі системи з ризиками для аборигенної іхтіофауни.

Перспективи збереження екосистем Шацького поозер'я, згідно з Світовою стратегією охорони природи, досить невтішні. Тут діють два чинники. Перший – це меліоративне освоєння заторфованих територій в басейнах Шацьких озер, де діє трубежанський або лувківський синдром – мінералізація осушених торфів, зниження рівня дзеркала ґрунтових вод, обміління озер та деградація прилеглих територій. Є ознаки суттєвого пониження дзеркала ґрунтових вод та денної поверхні Прип'ятської низовини. Підтвердженням цього є підвищений вміст в річковому стоці гумінових сполук та закисних форм заліза у стоці р. Прип'ять, що підтверджено у Національній доповіді України зі стану водного середовища [6]. Другий чинник – це витік підземних вод від контакту з рудним тілом поліметричних руд та покладів уранової руди.

Зокрема, з території Хотиславського кар'єру щодоби відкачується біля 50 тис. м<sup>3</sup> на добу підземних вод з тріщинуватих вапнякових порід Волино-Подільської плити. Тут замість заявлених 30 м заглиблення кар'єру, відбувається його подальша розробка, очевидно з метою добратись до рудного тіла. Підтвердженням контакту водного середовища оз. Світязь з рудним тілом є наявність іонів поліметалевих руд не тільки у водному середовищі, але і в мулах (наявність іонів Mo, Pb, Zn, Mg, Sr, Ni, Zr, Cu та інших) – табл. 3.

Очевидно, це формує від'ємний редокс-потенціал у придонних шарах водного середовища та впливає на кормову базу озера та існування природних нерестовищ і виживання молоді риб. Раніше в басейні оз. Світязь існували дві притоки, які формували у заплаві озера нерестовище, але вони були заключені в меліоративну систему.

При оцінці ситуації з відтворення аборигенної іхтіофауни необхідно регламентувати природокористування у нижній течії річок Горинь, Случ, Стир, реанімувати екосистему р. Льви з проточними озерами, створивши у межиріччі Льви та Ствиги природний заповідник, як розширений Рівненський біосферний заповідник.

Видове різноманіття аборигенної іхтіофауни складає більше 20 видів, у більшості лімнофілів, розсіяних за проміжними екотонами та водними об'єктами. Згідно роботи Стойко С. М. із співавторами «Шацький природний національний парк» у Шацьких озерах більше 30 аборигенних видів риб. Найбільша рибопродуктивність виявлена у зоні контакту слабозабарвлених вод з лісостепової зони до високо забарвлених паводкових вод Поліської низовини. Це можна пояснити дрифтом живого корму у нижню течію та дезактивацію домішок стічних вод гуміновими сполуками, формуванням хелатних сполук за рахунок іонів Ca<sup>+2</sup>.

Таблиця 3

Концентрація важких металів у воді Шацького поозер'я, мкг/дм<sup>3</sup> [12]

Озеро	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Cr
Оз. Пулемецьке (с. Пулемець, рибачка сторожка)	22,0	118,0	сліди	сліди	78,0	61,0
Оз. Пулемецьке (с. Пульмо, переливна споруда, східний берег)	27,0	78,0	5,0	169,0	21,0	62,0

## продовження табл. 3

Оз. Острів'янське (с. Острів'я, пляж біля церкви)	18,0	141,0	сліди	72,0	61,0	сліди
Оз. Перемут схід озера, екологічна стежка	52,0	177,0	сліди	74,0	70,0	30,0
Оз. Луки (біля с. Затишшя)	10,0	195,0	12,0	сліди	сліди	2,0
Оз. Чорне Велике (траса біля в'їзду в м. Шацьк)	14,0	28,0	2,0	сліди	69,0	сліди
Оз. Люцимер (біля пляжу)	46,0	148,0	17,0	129,0	сліди	26,0
Оз. Люцимер (центр)	25,0	58,0	сліди	сліди	17,0	-
Оз. Світязь, затока Лука (на виході)	18,0	23,0	сліди	сліди	сліди	69,0
Оз. Світязь (центр озера, біля церкви)	43,0	96,0	сліди	273,0	сліди	15,0

Переважаючими видами були карась сріблястий, плітка, окунь, щука, судак, сом, лящ, а у гирлових ділянках правобережних приток такі цінні промислові риби, як морена, головень, білизна, а в заболоченому басейні р. Льви – золотий карась. Зустрічалися також окремі види європейського річкового вугра, а також зниклі види інтродукованих раніше тут видів коропа лускатого та дзеркального, білого амура та товстолюба, які створили локальні популяції.

Характерною особливістю є мала кількість молоді аборигенних видів риб через замулення водних об'єктів, впливу сірководневих зон та слабкою кормовою базою, дефіцитом розчиненого кисню, а також явищами канібалізму.

Значну шкоду маточному поголів'ю аборигенних видів риб завдає браконьєрський вилов на промисловому рівні сома, ляща, судака, карася, вугра через встановлення загаток на руслах та ставових сіток.

**Висновки.** 1. Система водокористування у сучасний післявоєнний період в річково-озерній мережі країни вимагає корінної впорядкованості на державному та місцевому рівнях. Так, необхідно провести реконструкцію систем біологічного очищення і доочищення комунальних та зливових стоків у всіх містах, ліквідуючи «гарячі точки» забруднень, що вимагатиме значних державних капіталовкладень і забезпечить одну із умов сталого розвитку суспільства. 2. У зв'язку з старінням очисних споруд і недотриманням регламентів на якість скидних вод, ввести систему оплати за перевищення регламентних нормативів якості скидних вод всіма

водокористувачами. 3. На місцевому рівні потрібно ввести відповідальність громад за стан природи і водокористування на території водних об'єктів та запровадити систему аквапарків з виробничими підрозділами з очищення стічних вод старіючих водних об'єктів від мулу та його утилізацію, розвитку рибництва, утилізації сміття на газогенераторах, впорядкування прибережних смуг водних об'єктів. 4. Провести паспортизацію збережених природних локалітетів відтворення аборигенної іхтіофауни та посилити боротьбу з браконьєрством, зокрема в гирлових ділянках річок Горинь, Случ, Стир. 5. Старі меліоративні системи адаптувати до відтворення боліт, риборозведення та заліснення. 6. Розробити республіканську стратегію охорони природи в післявоєнний період, враховуючи рекомендації світової програми збереження довкілля.

**1.** Гриб Й. В. Екологічна оцінка стану екосистем річкових басейнів рівнинної частини території України : автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Дніпропетровськ, 2002. 40 с. **2.** Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер (Рекомендації до розробки ОБНС) : монографія / Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В., Гринюк В. І., Войтишина Д. Й. ; за ред. д.б.н., професора Й. В. Гриба. Рівне : НУВГП, 2012. 246 с. **3.** Малі річки України : довідник / за ред. А. В. Яцика. К., 1999. 293 с. **4.** Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіук О. П., Гриб Й. В. та ін. К. : Символ, 1998. 28 с. **5.** Протасов О. О. Екосистеми світу в структурі біосфери. К. : Акваперіодика, 2017. 382 с. **6.** Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні в 1998 році, підготовлена Мінекобезпеки України / під заг. ред. В. Шевчука. 161 с. **7.** Войтишина Д. Й., Гриб Й. В. Еколого-економічна концепція господарського використання басейнів річок з явищами стагнації. *Аква Україна* : матеріали науково-практичних конференцій II Міжнародного водного форуму. Київ, 2004. С. 86–88. **8.** Хмелівський В., Хмелівська О., Вовк П., Полубічко О. Геохімічна стратифікація донних осадів Шацьких озер. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції*. Луцьк : «Вежа», 2008. С. 82–85. **9.** Гриб Й., Сондак В. Старіння озер Полісся України: процеси, реабілітація, охорона. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції*. Луцьк : «Вежа», 2008. С. 161–165. **10.** Стойко С. М., Яценко П. Т., Шищик М. П. Шацький природний національний парк. Львів : Каменяр, 1986. 43 с. **11.** Ситник Ю. М., Осадча Н. М., Шевченко П. Г., Засекін Д. А. Еколого-токсикологічні дослідження озерних екосистем Шацького національного природного парку: важкі метали у воді 1990–1991 р.р. *Науковий вісник Волинського НУ ім. Л. Українки*. 2009. № 1. С. 167–172.

## REFERENCES:

- 1.** Hryb Y. V. Ekolohichna otsinka stanu ekosystem richkovykh baseiniv rivnynnoi chastyny terytorii Ukrainy : avtoref. dys. ... d-ra biol. nauk. Dnipropetrovsk, 2002. 40 s.
  - 2.** Vidrodzhennia ekosystem transformovanykh baseiniv richok ta ozer (Rekomendatsii do rozrobky OVNS) : monohrafiia / Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V., Hryniuk V. I., Voityshyna D. Y. ; za red. d.b.n., profesora Y. V. Hryba. Rivne : NUVHP, 2012. 246 s.
  - 3.** Mali richky Ukrainy : dovidnyk / za red. A. V. Yatsyka. K., 1999. 293 s.
  - 4.** Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyy katehoriyamy / Romanenko V. D., Zhukynskiy V. M., Oksiiuk O. P., Hryb Y. V. ta in. K. : Symvol, 1998. 28 s.
  - 5.** Protasov O. O. Ekosystemy svitu v strukturi biosfery. K. : Akvaperiodyka, 2017. 382 s.
  - 6.** Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Ukraini v 1998 rotsi, pidhotovlena Minekobezpeky Ukrainy / pid zah. red. V. Shevchuka. 161 s.
  - 7.** Voityshyna D. Y., Hryb Y. V. Ekoloho-ekonomichna kontseptsiiia hospodarskoho vykorystannia baseiniv richok z yavyschamy stahnatsii. *Akva Ukraina* : materialy naukovopraktychnykh konferentsii II Mizhnarodnoho vodnoho forumu. Kyiv, 2004. S. 86–88.
  - 8.** Khmelivskiy V., Khmelivska O., Vovk P., Polubichko O. Heokhimichna stratyfikatsiia donnykh osadiv Shatskykh ozer. *Materialy I Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii*. Lutsk : «Vezha», 2008. S. 82–85.
  - 9.** Hryb Y., Sondak V. Starinnia ozer Polissia Ukrainy: protsesy, rehabilitatsiia, okhorona. *Materialy I Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii*. Lutsk : «Vezha», 2008. S. 161–165.
  - 10.** Stoiko S. M., Yashchenko P. T., Shyshchuk M. P. Shatskyi pryrodnyi natsionalnyi park. Lviv : Kameniar, 1986. 43 s.
  - 11.** Sytnyk Yu. M., Osadcha N. M., Shevchenko P. H., Zasekin D. A. Ekolohotoksykolohichni doslidzhennia ozernykh ekosystem Shatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku: vazhki metaly u vodi 1990–1991 r.r. *Naukovyi visnyk Volynskoho NU im. L. Ukrainky*. 2009. № 1. S. 167–172.
-

**Hryb Y. V., Doctor of Biological Sciences, Professor; Trotsiuk V. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Voityshyna D. Y., Applicant** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **REHABILITATION OF RIVER ECOSYSTEMS IN UKRAINE IN LIGHT OF IMPLEMENTING GLOBAL NATURE CONSERVATION STRATEGIES**

**Fish products make up a third of the global balance of protein supply to the population, including freshwater ecosystems that supply about 20% of fish products. At the end of the 1980s, 12 crews were working in the surface waters of the Western Polissia of Ukraine to catch aboriginal species of fish. Since that time, as a result of draining swamps, regulation and straightening of riverbeds, overfishing, fishing crews from industrial fishing have disappeared, species diversity and productivity of such fish species as moray eel, bream, whitefish have decreased, golden crucian carp, pike, zander are in danger of disappearing, misgurnus, common nase. Complete sterilization of the Horyn and Styr riverbeds was carried out in past years by the emergency discharges of wastewater from the Ostrog, Dubno and Horokhiv sugar factories. As a result of the siltation of the river-lake network by solid runoff and the formation of hydrogen sulfide zones at the boundary of the water environment and bottom sediments, the reproductive function of surface waters has decreased. There is an overloading of anthropogenic impurities over the natural ecological capacity of the river-lake network, as a result of the accumulation of impurities there is a change in successions and a change in the composition of hydrobionts, including the higher link of the trophic chain – aboriginal ichthyofauna. Due to the violation of the stability of the aquatic environment, the vulnerability of the ecosystem increases, which leads to the formation of crisis situations and the formation of a new stage of successional changes in the composition of hydrobionts.**

**In order to preserve the aboriginal ichthyofauna and increase the sustainability of ecosystems, it is necessary to implement the global strategy for nature protection, in particular, the preservation of natural localities of the reproduction of the species diversity of the**



**aboriginal ichthyofauna and fish productivity, and the improvement of water quality.**

***Keywords:* freshwater ecosystems; aboriginal ichthyofauna; commercial fish species; genetics; global strategy for nature protection.**

**Гунчак М. В., к.с.-г.н., директор** (Чернівецька філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», м. Чернівці, ORCID: 0000-0002-3521-8531), **Паламарчук Р. П., в.о. генерального директора, Романова С. А., к.с.-г.н., заступник генерального директора з наукової діяльності** (Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, ORCID: 0000-0002-5965-1305; ORCID: 0000-0002-3051-1077), **Пасічняк В. І., директор** (Вінницька філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», с. Агрономічне Вінницької обл., ORCID: 0000-0002-4144-261X), **Ліхо О. А., к.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.a.liho@nuwm.edu.ua)

## **ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ КАРТОПЛІ ПРОТИ КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА ТА ФІТОФТОРОЗУ**

**Досліджено економічну ефективність застосування біологічних систем захисту проти колорадського жука та фітофторозу при вирощуванні картоплі у 2017–2019 рр. в умовах Західного Лісостепу України. Дослідженнями встановлено, що найбільший умовно-чистий дохід від застосованих заходів в розмірі 11 987,8 грн/га вдалось отримати при застосуванні біологічної системи захисту № 1, яка базувалась на внесенні препаратів Ентоцид-К, Актарофіт, Фітодоктор Лист, Урожай Овочеві, АдюМакс, Триходермін та Ризостим. Найвищий рівень рентабельності захисних заходів вдалось отримати за застосування біологічної системи захисту № 2, яка базувалася на триразовому внесенні препарату Планриз, в.с. в суміші з похідними дигідропіримідину (0,5% р-н ксемидону + 2 мл DMSO) – 514,8%. Всі досліджувані системи біологічного захисту картоплі від колорадського жука та фітофторозу у 2017–2019 роках показали високі показники умовно-чистого доходу (4148,0–11987,8 грн/га) та рентабельності (224,0–514,8%), а поріг окупності для досліджуваних становив 0,62–1,34 т/га.**

**Ключові слова:** картопля; економічна ефективність; прибуток; рентабельність; захисні заходи; біопрепарати.

**Постановка проблеми.** Продовольча цінність картоплі визначається її високими смаковими якостями та сприятливим для людини хімічним складом бульб. У них міститься 14–22% крохмалю, 1,5–3% білка, 0,8–1% клітковини. Картопля є цінною сировиною для виробництва спирту, крохмалю, глюкози, декстрину чи іншої важливої продукції для господарства [1].

Від появи сходів до збирання врожаю картоплю пошкоджують різні багатодні комахи, але найпоширенішим шкідником є колорадський жук.

Колорадський жук (*Leptinotarsa decemlineata*) – жук з родини листоїди, серйозний з економічної точки зору шкідник картоплі. Довжина тіла приблизно 10 мм, забарвлення надкрил яскраво жовте або помаранчеве з п'ятьма поздовжніми темно-коричневими смугами на кожному з них. Колорадський жук, один з найбільш небезпечних шкідників картоплі, поїдає вегетативні частини і бульби. Швидко розмножується, виключно ненажерливий, потомство однієї пари може знищити до 4 га посівів. У пошуках прожитку пересувається на великі відстані [1–2].

Фітофтороз є одним із найнебезпечніших захворювань картоплі. У середньому розмір втрат від розвитку хвороби становить 10–30%, хоча в роки епіфітотій може сягати 50–70%. Перші ознаки хвороби проявляються на листках і стеблах верхнього ярусу. Це дуже підвищує шкідливість фітофторозу, оскільки ураження фізіологічно активних молодих тканин знижує продуктивність рослин сильніше, ніж ураження фізіологічно ослаблених тканин нижнього ярусу. При ураженні на краях листків з'являються окремі бурі плями з характерним свинцевим відблиском. Вони швидко збільшуються в розмірах і поширюються по всьому кущу та на інші рослини. На бульбах фітофтороз проявляється у вигляді дещо вдавлених, твердих, чітко окреслених бурих плям. На розрізі добре видно уражені тканини, які поширюються вглиб бульби. До таких тканин легко проникають інші мікроскопічні гриби та бактерії, які підсилюють гниття картоплі. Збудником хвороби є мікроскопічний гриб *Phytophthora infestans de Bary*. При наявності краплинної вологи на листку та температурі 10–15°С конідії збудника можуть перетворюватися на зооспорангії й утворювати зооспори, які дуже рухливі у воді. Бульби можуть уражуватися як від конідій, так і від

зооспор, котрі при рясних дощах змиваються з листя і потрапляють у ґрунт [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз джерел літератури свідчить про те, що питання економічної ефективності захисних заходів від колорадського жука та фітофторозу при вирощуванні картоплі залежить від багатьох чинників, які щороку змінюються.

Кордулян Ю. В. та ін. вказують, що картопля є одним з найважливіших продуктів харчування, для забезпечення врожайності якої необхідно використовувати гнучкі наукомісткі технології, що включатимуть маловитратні елементи й дозволять збільшити валові збори бульб з урахуванням природних, біологічних, техногенних, організаційно-економічних, інформаційних та екологічних факторів. В умовах постійного зростання витрат, актуальним постає освоєння адаптивної системи землеробства, що базується на використанні енергозберігаючих, екологічно безпечних, біологізованих технологій. Одним з перспективних напрямків таких технологій є використання біологічних препаратів [3].

Дослідниками доведено, що біологічні препарати, порівняно з хімічними мають нижчу ефективність, але вони екологічно безпечніші, тому їх застосування заслуговує уваги. На відміну від пестицидів, біологічні препарати характеризуються більш уповільненою дією, але й мають метатоксичний ефект і за певних умов можуть спричинити епізоотії у комах. Недоліком є також те, що ефективність біопрепаратів може знижуватись внаслідок несприятливих погодних умов: дощів, які здатні змивати препарат, низької температури, що послаблює активність живлення шкідників, а також ультрафіолетового випромінювання, яке частково інактивує бактерії [4].

Жибак М. М. та Федуняк І. О. зазначають, що характерними особливостями розвитку національного виробництва в рослинництві залишаються застосування високовитратних, енергоємних технологій, технічно та технологічно застарілого обладнання, неефективних форм організації управління. Відповідно і виникла об'єктивна потреба в удосконаленні організаційно-економічного забезпечення розвитку рослинництва, що сприятиме ефективності та конкурентоспроможності цієї сфери аграрного виробництва [5].

Тому подальше розширення й поглиблення досліджень з цього

питання дасть можливість не лише проаналізувати показники економічної ефективності біологічних систем захисту картоплі, а й визначити найбільш ефективну з метою адаптації її до умов Західного Лісостепу України.

**Мета і завдання дослідження.** Метою досліджень було вивчення економічної ефективності захисних заходів при вирощуванні картоплі та підбір найефективнішої системи біологічного захисту в умовах Західного Лісостепу України.

Досліди проводили на полях Української науково-дослідної станції карантину рослин Інституту захисту рослин Національної академії аграрних наук України на картоплі сорту Глазурна. Оцінку основних показників, що характеризують економічну ефективність систем захисту рослин було проведено за загальноприйнятими методиками [6–8].

Дослідна ділянка розміщена на ясно-сірому і сірому опідзоленому поверхнево-оглеєному середньосуглинковому ґрунті з середнім вмістом гумусу – 2,1% та слабкислою реакцією ґрунтового розчину ( $\text{pH}_{\text{сол.}}$  – 5,5). Забезпеченість ґрунту рухомим сполуками фосфору середня ( $\text{P}_2\text{O}_5$  – 90 мг/кг ґрунту), рухомими сполуками калію – підвищена ( $\text{K}_2\text{O}$  – 92 мг/кг ґрунту), азотом, що легкогідролізується – низька (106 мг/кг ґрунту). Агроекологічна оцінка в балах складає 41 із 100.

Хімічна система захисту картоплі включала трьох разову обробку по вегетації картоплі інсектицидом Талстар (біфентрин), к.е. у нормі 0,3 л/га та фунгіцидом Ревус 250 SC (дифеноконазол), к.с. у нормі 0,5 л/га.

Перша біологічна система захисту включала триразову обробку картоплі по вегетації препаратами Ентоцид-К (2,0 л/га), Актарофіт 0,2% (0,2 л/га), Фітодоктор Лист (2,0 кг/га), Урожай Овочеві (2,0 л/га), АдюМакс (0,2 л/га), Триходермін (2,0 кг/га) та Ризостим (0,2 л/га).

Друга система біологічного захисту картоплі включала триразову обробку картоплі по вегетації препаратом Планриз, в.с. у нормі 3,0 л/га в суміші з похідними дигідропіримідину (0,5% р-н ксемидону + 2 мл ДМСО). Третя система біологічного захисту картоплі включала триразову обробку картоплі по вегетації препаратом Планриз, в.с. у нормі 3,0 л/га в суміші з похідними дигідропіримідину ((арім) 1 – 0,5% р-н + 2 мл ДМСО + 12,7 мл 1% р-ну КОН). Четверта

система біологічного захисту картоплі включала триразову обробку картоплі по вегетації препаратом Планриз, в.с. у нормі 3,0 л/га в суміші з похідними дигідропіримідину ((арім) 4 – 0,05% р-н + 2 мл DMSO).

Економічний аналіз застосування досліджуваних систем захисту картоплі від колорадського жука та фітофторозу в 2017–2019 роках проводився згідно з такими показниками: вартість системи захисту, грн/га; витрати, пов'язані з її застосуванням, грн/га; урожайність, т/га; реалізаційна ціна, грн/т; збережений врожай, т/га; вартість збереженого врожаю, грн/га; витрати, пов'язані з додатковим врожаєм, грн/га. Але основними показниками економічної ефективності застосування захисних заходів є умовно-чистий дохід, грн/га та рентабельність, %. Також розраховували поріг окупності, який показує, яку прибавку врожаю потрібно отримати для покриття витрат на захисні заходи.

Умовно-чистий дохід від застосування захисних заходів розраховували за формулою

$$ЧД = B_з - E_з,$$

де ЧД – умовно-чистий дохід, грн/га;  $B_з$  – вартість збереженого врожаю, грн/га;  $E_з$  – витрати, пов'язані з одержанням збереженого врожаю, грн/га.

Вартість витрат, що пов'язані з одержанням збереженого врожаю визначали як суму витрат на препарати, витрат на їх застосування та витрат на збирання, транспортування та зберігання додаткового врожаю:

$$E_з = B_т + B_в + B_д,$$

де  $B_т$  – витрати на придбання препаратів;  $B_в$  – витрати на внесення препаратів;  $B_д$  – витрати на збирання, транспортування та зберігання додаткового врожаю.

Норму рентабельності захисних заходів визначали як процентне співвідношення умовно-чистого доходу до затрат, пов'язаних з одержанням збереженого врожаю:

$$P = \frac{ЧД}{E_з} * 100\%.$$

Перед застосуванням засобів захисту необхідно заздалегідь дати відповідь на питання, чи будуть окупатися витрати на його проведення, тому визначалась величина прибавки врожаю, тобто

пори́г окупності. При порівнянні з прибавкою врожаю, яка очікується від застосування засобів захисту, показник порогу окупності дає можливість оцінити доцільність застосування тієї чи іншої системи.

Пори́г окупності ( $\Pi$ ) визначали за формулою

$$\Pi = \frac{Вд}{Ц},$$

де  $Вд$  – сума додаткових витрат (включаючи вартість системи захисту та витрат, пов'язаних з її застосуванням), грн/га;  $Ц$  – ціна врожаю, грн/т.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під час досліджень проведено економічну оцінку застосування біологічних комплексів захисту картоплі сорту Глазурна в умовах Західного Лісостепу України у 2017–2019 роках. Вартість застосованих препаратів наведено в табл. 1. Вартість комплексу препаратів, які використовувались у Системі біологічного захисту № 1 для захисту картоплі від колорадського жука та фітофторозу, становила 3760,20 грн/га. Вартість комплексу препаратів Системи захисту № 2 складала 1700,00 грн/га, комплексу препаратів Системи № 3 – 1650,00 грн/га, а комплексу препаратів Системи № 4 – 1600,00 грн/га. Вартість системи хімічного захисту, яка використовувалася як еталон становила в середньому за роки досліджень 3660,0 грн/га.

Таблиця 1

Середня вартість застосованих препаратів для захисту картоплі в умовах Західного Лісостепу України, 2017–2019 р.

Назва препарату	Кількість препарату, л, кг/га	Кількість обробок	Загальна вартість, грн/га
Талстар	0,3	3	1110,0
Ревус	0,5	3	2560,0
Ентоцид К	2,0	1	192,0
Актарофіт	0,2	3	3758,4
Фітодоктор Лист	2,0	3	936,0
Урожай Овочеві	2,0	3	828,0
АдюМакс	0,2	3	450,0
Триходермін	2,0	3	684,0
Ризостим	0,2	3	43,8
Планриз	10,0	3	1500,0

Розрахунок економічної ефективності застосування біологічних комплексів захисту картоплі на сорті Глазурна наведено в табл. 2.

Найкращі показники рентабельності отримали від внесення біофунгіциду Планриз разом з похідними дигідропіримідину (0,5% р-н ксемидону + 2 мл ДМСО) – 514,8%. Дохід від проведення застосованих заходів становив 10 048,00 грн/га. Поріг окупності для даної системи захисту показав, що для покриття витрат на захисні заходи необхідна прибавка врожаю 0,65 т/га, водночас отримано врожаю було більше на 4,8 т/га ніж у контролі.

При використанні системи біологічного захисту № 1, яка базувалася на триразовому внесенні по вегетації комплексу препаратів (Ентоцид-К, Актарофіт, Фітодоктор Лист, Урожай Овочеві, АдюМакс, Триходермін та Ризостим), було отримано найвищий показник умовно-чистого доходу – 11987,80 грн/га, при рівні рентабельності 298,8%. Поріг окупності для даної системи становив 1,34 т/га.

Найнижчі показники доходу та рентабельності серед досліджуваних систем було отримано за використання хімічної системи захисту: 2088,00 грн/га та 53,4% відповідно. Це зумовлено низькою урожайністю (11,2 т/га) та високою вартістю системи захисту (3660,00 грн/га). Поріг окупності для даної системи становив 1,3 т/га.

Таблиця 2

Економічна ефективність систем захисту картоплі сорту Глазурна в умовах Західного Лісостепу України, 2017–2019 рр.  
(середнє за роки досліджень)

Назва показника	контроль	Системи захисту				
		хімічна	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Вартість системи, грн/га	-	3660,0	3760,2	1700,0	1650,0	1600,0
Витрати, пов'язані з її застосуванням, грн/га	-	252,0	252,0	252,0	252,0	252,0
Урожайність, т/га	8,8	11,2	15,2	13,6	12,0	11,2



продовження табл. 2

Реалізаційна ціна, грн/т	3000	3000,0	3000,0	3000,0	3000,0	3000,0
Збережений врожай, т/га	-	2,4	6,4	4,8	3,2	2,4
Вартість збереженого врожаю, грн/га	-	7200,0	19200,0	14400,0	9600,0	7200,0
Витрати, пов'язані з додатковим врожаєм, грн/га	-	1200,0	3200,0	2400,0	1600,0	1200,0
Умовно-чистий дохід, грн/га	-	2088,0	11987,8	10048,0	6098,0	4148,0
Рентабельність, %	-	53,4	298,8	514,8	320,6	224,0
Поріг окупності, т/га	-	1,30	1,34	0,65	0,63	0,62

При використанні біологічної системи захисту № 3 (Планриз, в.с. в суміші з похідними дигідропіримідину ((арім) 1 – 0,5% р-н + 2 мл DMSO + 12,7 мл 1% р-ну КОН)) було отримано доходу 6098,00 грн/га та рентабельності 320,6%. Поріг окупності для даної системи захисту становив 0,63 т/га.

За застосування біологічної системи захисту картоплі № 4 (Планриз, в.с. з похідними дигідропіримідину ((арім) 4 – 0,05% р-н + 2 мл DMSO)) умовно-чистий дохід від застосованих заходів складав 4148,00 грн/га за рівня рентабельності 224,0% та за порогу окупності 0,62 т/га.

**Висновки.** Всі досліджувані системи біологічного захисту картоплі від колорадського жука та фітофторозу у 2017–2019 роках показали високі показники умовно-чистого доходу (4148,00–11987,80 грн/га) та рентабельності (224,0–514,8%). Найефективнішою з економічної точки зору у 2017–2019 роках була біологічна система захисту № 1, яка базувалась на внесенні препаратів Ентоцид-К, Актарофіт, Фітодоктор Лист, Урожай Овочеві, АдюМакс, Триходермін та Ризостим, від застосування якої вдалось отримати 11987,80 грн/га умовно-чистого доходу. Найвищий рівень рентабельності захисних заходів вдалося отримати за застосування біологічної системи

захисту № 2, яка базувалася на триразовому внесенні препарату Планриз, в.с. в суміші з похідними дигідропіримідину (0,5% р-н ксемидону + 2 мл ДМСО) – 514,8%. Поріг окупності для досліджуваних систем захисту картоплі становив 0,62–1,34 т/га.

1. Богданов О. І., Білько Л. П. Захист картоплі від хвороб і шкідників. К. : Урожай, 1984. 41 с. 2. Довідник із захисту рослин / за ред. М. П. Лісового. Київ : Урожай, 1999. 744 с. 3. Кордулян Ю. В., Гунчак М. В., Соломійчук М. П. Вплив біопрепаратів на показники урожайності та рентабельності картоплі. *Картоплярство*. 2019. Вип. 44. С. 151–158. 4. Бровдій В. М., Гулий В. В., Федоренко В. П. Біологічний захист рослин : навч. посіб. К. : Світ, 2003. 352 с. 5. Жибак М. М., Федуняк І. О. Організаційно-економічні основи виробництва картоплі в умовах ринкових відносин. *Ефективна економіка*. 2019. № 3. С. 1–8. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.3.5. 6. Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ, 2001. 448 с. 7. Valli V., Stahl F., Feit E. Field Experiments. *Handbook of Market Research*. 2017. Pp. 1–29. DOI:10.1007/978-3-319-05542-8\_3-1. 8. Методика економічної та енергетичної оцінки типів насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій та результатів технологічних досліджень у садівництві / за ред. О. М. Шестопаля. Київ : Інститут садівництва УААН, 2006. 141 с.

## REFERENCES:

1. Bohdanov O. I., Bilko L. P. Zakhyst kartopli vid khvorob i shkidnykiv. K. : Urozhai, 1984. 41 s. 2. Dovidnyk iz zakhystu roslyn / za red. M. P. Lisovoho. Kyiv : Urozhai, 1999. 744 s. 3. Kordulian Yu. V., Hunchak M. V., Solomiichuk M. P. Vplyv biopreparativ na pokaznyky urozhainosti ta rentabelnosti kartopli. *Kartopliarstvo*. 2019. Vyp. 44. S. 151–158. 4. Brovdii V. M., Hulyi V. V., Fedorenko V. P. Biolohichniy zakhyst roslyn : navch. posib. K. : Svit, 2003. 352 s. 5. Zhybak M. M., Feduniak I. O. Orhanizatsiino-ekonomichni osnovy vyrobnytstva kartopli v umovakh rynkovykh vidnosyn. *Efektyvna ekonomika*. 2019. № 3. S. 1–8. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.3.5. 6. Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv / za red. prof. S. O. Trybelia. Kyiv, 2001. 448 s. 7. Valli V., Stahl F., Feit E. Field Experiments. *Handbook of Market Research*. 2017. Pp. 1–29. DOI:10.1007/978-3-319-05542-8\_3-1. 8. Metodyka ekonomichnoi ta enerhetychnoi otsinky typiv nasadzen, sortiv, investytsii v osnovnyi kapital, innovatsii ta rezultativ tekhnolohichnykh doslidzhen u sadivnytstvi / za red. O. M. Shestopalia. Kyiv : Instytut sadivnytstva UAAN, 2006. 141 s.

**Hunchak M. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Director** (Chernivtsi branch of the State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Chernivtsi), **Palamarchuk R. P., Acting General Director, Romanova S. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Deputy General Director for Scientific Activities** (State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Kyiv), **Pasichniak V. I., Director** (Vinnytsia branch of the State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Agronomichne village, Vinnytsia region), **Likho O. A., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

### **ECONOMIC EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION OF THE BIOLOGICAL METHOD OF PROTECTING POTATOES AGAINST THE COLORADO BEETLE AND LATE BLIGHT**

The economic efficiency of the use of biological protection systems against the Colorado potato beetle and late blight during the cultivation of potatoes in 2017–2019 in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine was studied. Research has established that the largest conditional net income from the applied measures in the amount of UAH 11,987.8/ha was obtained with the use of biological protection system No. 1, which was based on the application of the preparations Entocid-K, Aktarofit, Fitodoktor List, Urozhai Ovochevi, AdyuMax, Trichodermin and Rhyzostim. The payback threshold for this system was 1.34 t/ha. The highest level of profitability of protective measures was obtained by using biological protection system No. 2, which was based on the three-time application of the preparation Planryz, v.s. in a mixture with dihydropyrimidine derivatives (0.5% solution of xemidon + 2 ml DMSO) – 514.8%. The payback threshold for this protection system showed that to cover the costs of protective measures, an increase in yield of 0.65 t/ha is required, while the yield was 4.8 t/ha more than in the control. The lowest indicators of income and profitability among the studied systems were obtained for the use of a chemical protection system: UAH 2088.00/ha and 53.4%, respectively. This is due to the low productivity (11.2 t/ha) and the high cost of the protection system (3660.00 UAH/ha). The payback threshold for this system was 1.3 t/ha. When using the biological protection system No. 3 (Planriz, v.s. in a mixture with

**dihydropyrimidine derivatives ((arim) 1 – 0.5% s-n + 2 ml DMSO + 12.7 ml 1% s-n KOH)) was an income of UAH 6,098.00/ha and a profitability of 320.6% were obtained. The payback threshold for this protection system was 0.63 t/ha. For the application of the biological system of protection of potatoes No. 4 (Planryz, v.s. with dihydropyrimidine derivatives ((arim) 4 – 0.05% s-n + 2 ml DMSO)) conditional net income from the applied measures amounted to UAH 4148.00/ ha at a profitability level of 224.0%. The payback threshold for this protection system was 0.62 t/ha.**

***Keywords:* potatoes; economic efficiency; profit; profitability; protective measures; biological preparations.**

**Гунчак М. В., к.с.-г.н., директор** (Чернівецький регіональний центр державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», м. Чернівці, gunchak00@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3521-8531), **Пасічняк В. І., директор** (Південно-Західний міжрегіональний центр державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», с. Агрономічне Вінницької обл., ORCID: 0000-0002-4144-261X), **Грищенко О. М., к.с.-г.н., учений секретар** (Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, ORCID: 0000-0002-1241-7183), **Мороз О. С., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.s.moroz@nuwm.edu.ua)

### **ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ПРОТИ ЗЕЛЕНОЇ ЯБЛУНЕВОЇ ПОПЕЛИЦІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Досліджено технічну ефективність застосування біологічних препаратів для захисту яблуні від зеленої яблуневої попелиці у 2021–2022 рр. в умовах Західного Лісостепу України. Дослідженнями встановлено, що біологічні препарати показали ефективність дії проти зеленої яблуневої попелиці в межах 30,4–73,2%. Зокрема найвищу ефективність у фенофази «рожевий бутон» та «формування плодів» отримали при застосуванні препарату Біоспектр БТ, р. (10,0 л/га) – 64,6% та 73,2% відповідно, а у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) найефективнішою була дія Бітоксикациліну БТ, р. (5,0 л/га) – 72,8%, тому саме ці препарати рекомендовано застосовувати у системах захисту яблуні проти шкідників в умовах Західного Лісостепу України. Найнижчу ефективність дії отримали при застосуванні препарату Метаризин БТ, р. (4,0 л/га) – від 30,4 до 38,6%. Ефективним було застосування суміші Боверину БТ, р. (10,0 л/га) та Метаризину БТ, р. (3,0 л/га), що дозволило отримати ефективність на 5–34% вищу ніж за застосування препаратів окремо. Урожайність яблуневих насаджень при застосуванні досліджених біологічних препаратів становила 11,7–12,2 т/га.

**Ключові слова:** яблуневі насадження; біопрепарати; фітофаги; попелиця; технічна ефективність.

**Постановка проблеми.** Плодовим насадженням яблуні значних збитків завдають близько 180 видів шкідників, для яких характерні велика різноманітність видового складу, різні способи життя й пошкодження, які вони завдають [1–2].

До переліку шкідників яблуні також включається і досить значна кількість підряду попелиць (*Aphidinae*), які найбільше її пошкоджують. Але найбільш поширеними в садових агроценозах Західного Лісостепу України є зелена яблунева попелиця (*Aphis pomi* Deg.). Личинки й імаго висмоктують сік із бруньок, що набрякають і що розпускаються, заселяють нижній бік листків, зелені пагони, іноді зав'язі. Пошкоджене листя скручується і відмирає, пагони затримуються в рості й викривляються. Під час живлення попелиця виділяє цукристу рідину, на якій поселяються сапрофітні гриби, покриваючи рослину сажковим нальотом, що негативно впливає на процеси фотосинтезу та дихання рослин. Крім цього, попелиці є переносниками вірусних хвороб рослин. На сильнопошкоджених деревах плоди дрібнішають, на них часто розтріскується шкірочка. Попелиця особливо шкочинна в плодкових розсадниках і молодих садах. Оптимальними умовами для розвитку шкідника є помірно тепла погода і підвищена відносна вологість повітря. Чисельність попелиці знижується при загасанні ростових процесів у кормових рослин, високій температурі поряд з низькою відносною вологістю повітря та рясних зливах, які змивають значну кількість комах [2–4].

Сучасні системи захисту яблуневого саду від шкідливих організмів, в тому числі і від зеленої яблунової попелиці, базуються на інтенсивному застосуванні хімічних препаратів. Тому важливим є обмеження негативного впливу хімічних засобів захисту шляхом застосування біологічного методу захисту рослин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз джерел літератури свідчить про те, що питання біологічного захисту яблуневих насаджень від зеленої яблунової попелиці у Західному Лісостепу України вивчено недостатньо.

Федоренко В. П. та Броун І. В. вказують, що останнім часом для зменшення чисельності фітофагів в агроценозах, поряд з іншими методами широко застосовується також і біологічний, зокрема і використання біологічних препаратів [5].

Доведено, що біологічні препарати, порівняно з хімічними мають нижчу ефективність, але вони є екологічно безпечнішими,

тому їх застосування є вартим уваги. На відміну від пестицидів, біологічні препарати хоча й характеризуються більш уповільненою дією, але мають метатоксичний ефект і за певних умов можуть спричинити епізоотії у комах. Недоліком є також те, що ефективність біопрепаратів може знижуватись внаслідок несприятливих погодних умов: дощів, які здатні змивати препарат, низької температури, що послаблює активність живлення шкідників, а також ультрафіолетового випромінювання, яке частково інактивує бактерії [6–7].

Як вказують Бровдій В. М. та ін. [8], нині на заміну пестицидам біоцидної дії прийшли селективні препарати, які є аналогами природних сполук. Природні біологічні агенти застосовуються у сільському господарстві і, на відміну від пестицидів хімічного походження, при попаданні в екосистеми не викликають якісних і кількісних змін серед компонентів біоти, а лише змінюють чисельність одного виду.

Як вказують Борзих О. І. та ін., використання біологічних препаратів у системах захисту є надзвичайно необхідним, адже це дає можливість стабілізувати екологічну рівновагу в садовому агробіоценозі й оптимізувати обсяги застосування хімічних засобів для збереження корисних видів і мінімального негативного впливу на зовнішнє середовище [9].

Нині відомо багато біопрепаратів, які використовують проти шкідників яблуні, але ефективність їхньої дії різна. У зв'язку з тим, що чисельність зеленої яблуневої попелиці постійно збільшується, було досліджено системи біологічного захисту саме проти даного фітофага. Це дасть можливість не лише проаналізувати ефективність біологічних інсектицидів проти зеленої яблуневої попелиці, а й визначити найбільш ефективні препарати та їх концентрації в умовах Західного Лісостепу України для подальшого їх застосування у системах біологічного захисту від шкідників.

**Мета і завдання дослідження.** Метою досліджень було вивчення ефективності застосування біологічних препаратів проти зеленої яблуневої попелиці при вирощуванні яблуні та підбір найефективніших з них для застосування у системах біологічного захисту яблуневих насаджень проти шкідників в умовах Західного Лісостепу України.

Дослідження проводили в плодовому саду Української науково-дослідної станції карантину рослин Інституту захисту рослин НААН (с. Бояни Чернівецької області) за загальноприйнятими методиками [10–11] на насадженнях яблуні 2014 року садіння на сорту Айдаред на підщепі М-106. Схема садіння: 3 x 3 м. Система утримання ґрунту – під багаторічними травами.

Фітосанітарний моніторинг проводили візуально та за допомогою феромонних пасток [10].

При польових дослідах у кожному варіанті використовувалося по 10 облікових дерев (дерево-повторність).

Ефективність дії інсектицидів визначали за офіційними методиками через 2 та через 7 діб [10].

Ефективність дії інсектицидів (Еф, %) розраховували за формулою

$$E = 100 \cdot (1 - (B \cdot a / A \cdot v)), \quad (1)$$

де Е – ефективність препарату у відсотках зниження чисельності шкідника; А – кількість живих особин на дослідній ділянці до обробки; В – кількість живих особин на дослідній ділянці після обробки; а – кількість живих особин у контролі до обробки; в – кількість живих особин у контролі після обробки.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за загальноприйнятими методиками [12].

Дослідна ділянка розміщена на ясно-сірому і сірому опідзоленому поверхнево-оглеєному середньосуглинковому ґрунті з низьким вмістом гумусу – 2,0% та слабкислою реакцією ґрунтового розчину (рН<sub>сол.</sub> – 5,2). Забезпеченість ґрунту рухомим сполуками фосфору середня (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 78 мг/кг ґрунту), рухомими сполуками калію – середня (K<sub>2</sub>O – 79 мг/кг ґрунту), азотом, що легкогідролізується – дуже низька (92 мг/кг ґрунту). Агроекологічна оцінка в балах складає 35 із 100.

Для боротьби з зеленою яблуневою попелицею у 2021–2022 роках було досліджено наступні препарати: Актофіт БТ (аверсектин С, 0,2%), к.е. у нормі 2,0 л/га, 3,0 л/га та 4,0 л/га; Боверин БТ (гриби роду *Beauveria*, титр життєздатних клітин не нижче 3,0x10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 20,0 л/га; Метаризин БТ (гриби роду *Metarhizium*, титр життєздатних клітин не нижче 2,0x10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 4,0 л/га; суміш препаратів Боверин БТ (гриби роду *Beauveria*, титр життєздатних клітин не нижче 3,0x10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 10,0 л/га



та Метаризин БТ (гриби роду *Metarhizium*, титр життєздатних клітин не нижче  $2,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 3,0 л/га; Бітоксикацилін БТ (життєздатні клітини *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (серотип 1), титр не нижче  $2,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> і споро-кристалічний комплекс з токсинами двох видів:  $\beta$ -екзотоксин і  $\delta$ -ендотоксин), р. у нормі 3,0 л/га, 4,0 л/га та 5,0 л/га; Біоспектр БТ (бактерії роду *Pseudomonas* з титром не нижче  $5,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) р. у нормі 3,0 л/га, 6,0 л/га та 10,0 л/га. Досліджувані препарати було внесено у фенофази: «рожевий бутон», «формування плодів», «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Результатами фітосанітарного моніторингу встановлено, що впродовж 2021–2022 рр. яблуневому агроценозу в умовах Західного Лісостепу України значної шкоди завдавали зелена яблунева попелиця.

Препарат Актофіт БТ (аверсектин С, 0,2%), к.е. у нормі 2,0 л/га для боротьби з зеленою яблуневою попелицею було внесено у фенофази: «рожевий бутон», «формування плодів», «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) (таблиця).

Таблиця

Ефективність інсектицидів біологічного походження проти зеленої яблуневої попелиці, 2021–2022 рр.

Варіант, норма внесення	*Кратність обробки	Чисельність з.я.п**, кол./100 лист.			Ефективність проти з.я.п., %	
		до обр.	через 2 доби	через 7 діб	через 2 доби	через 7 діб
Контроль (вода)	1	10,5	10,9	12,1	-	-
	2	16,3	16,9	19,5	-	-
	3	20,8	20,4	19,2	-	-
Контроль хімічний: Каліпсо 480 SC, к.с. (0,3 л/га)	1	10,3	4,6	1,9	57,0	<b>84,0</b>
	2	15,8	5,6	2,2	65,8	<b>88,4</b>
	3	19,2	6,1	1,6	67,6	<b>91,0</b>
Актофіт БТ, к.е. (2,0 л/га)	1	10,6	7,6	6,8	30,9	<b>44,3</b>
	2	16,6	11,8	8,1	31,4	<b>59,2</b>
	3	21,3	13,8	8,9	33,9	<b>54,7</b>
Актофіт БТ, к.е. (3,0 л/га)	1	10,4	7,2	5,8	33,3	<b>51,6</b>
	2	16,2	11,1	7,5	33,9	<b>61,3</b>
	3	20,7	13,6	7,9	33,0	<b>58,7</b>

продовження таблиці

Актофіт БТ, к.е. (4,0 л/га)	1	10,5	6,9	4,9	36,7	<b>59,5</b>
	2	16,1	11,1	6,4	33,5	<b>66,8</b>
	3	20,6	13,1	6,9	35,2	<b>63,7</b>
Боверин БТ, р. (20,0 л/га)	1	10,6	8,4	5,6	23,7	<b>54,2</b>
	2	16,5	12,3	8,4	28,1	<b>57,4</b>
	3	21,2	15,3	7,6	26,4	<b>61,2</b>
Метаризин БТ, р. (4,0 л/га)	1	10,6	9,9	8,5	10,0	<b>30,4</b>
	2	16,8	15,5	12,9	11,0	<b>35,8</b>
	3	21,7	18,6	12,3	12,6	<b>38,6</b>
Боверин БТ, р. (10,0 л/га) + Метаризин БТ, р. (3,0 л/га)	1	10,4	8,7	4,3	19,4	<b>64,1</b>
	2	15,8	12,0	5,9	26,7	<b>68,8</b>
	3	19,9	14,4	6,2	26,2	<b>66,2</b>
Бітоксимацилін БТ, р. (3,0 л/га)	1	10,5	8,4	6,6	22,9	<b>45,5</b>
	2	16,4	12,1	9,3	28,8	<b>52,6</b>
	3	20,9	14,1	7,6	31,2	<b>60,6</b>
Бітоксимацилін БТ, р. (4,0 л/га)	1	10,4	7,8	6,1	27,8	<b>49,1</b>
	2	16,2	11,6	7,8	30,9	<b>59,8</b>
	3	20,5	13,5	6,0	32,9	<b>68,3</b>
Бітоксимацилін БТ, р. (5,0 л/га)	1	10,6	7,4	5,8	32,8	<b>52,5</b>
	2	16,1	11,3	7,4	32,3	<b>61,6</b>
	3	20,3	12,8	5,1	35,7	<b>72,8</b>
Біоспектр БТ, р. (3,0 л/га)	1	10,4	7,9	5,2	26,8	<b>56,6</b>
	2	16,2	11,1	7,2	33,9	<b>62,8</b>
	3	20,5	14,1	6,4	29,9	<b>66,2</b>
Біоспектр БТ, р. (6,0 л/га)	1	10,5	7,7	4,4	29,4	<b>63,6</b>
	2	16,0	10,8	5,5	34,9	<b>71,3</b>
	3	19,9	13,3	5,7	31,9	<b>69,0</b>
Біоспектр БТ, р. (10,0 л/га)	1	10,3	7,5	4,2	29,9	<b>64,6</b>
	2	15,9	10,4	5,1	36,9	<b>73,2</b>
	3	19,7	13,1	5,5	32,2	<b>69,8</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>		1,12	2,75	3,55		

\*Обробки проводилися у такі фенофази: 1 – «рожевий бутон», 2 – «формування плодів», 3 – «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха); з.я.п.\*\* – зелена яблунова попилиця

Початкова ефективність проведених обприскувань становила 30,9%, 31,4% та 33,9%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб становила 44,3%, 59,2% та 54,7%. Урожайність за застосування Актофіту БТ, к.е. у такій концентрації становила 11,8 т/га. Початкова ефективність препарату Актофіт БТ, к.е. у нормі 3,0 л/га становила 33,3%, 33,9% та 33,0%, а ефективність біопрепарату через 7 діб становила 51,6%, 61,3% та 58,7%, за урожайності 11,9 т/га. Ефективність препарату Актофіт БТ, к.е. у нормі 4,0 л/га через 2 доби після обробки становила 36,7%, 33,5% та 35,2%, а ефективність біопрепарату через 7 діб становила 59,5%, 66,8% та 63,7%. При цьому урожайність яблуні складала 11,9 т/га.

Застосування препарату Боверин БТ (гриби роду *Beauveria*, титр життєздатних клітин не нижче  $3,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 20,0 л/га у фенофазу «рожевий бутон» дозволило отримати ефективність через дві доби після обробки на рівні 23,7%, а через 7 діб – 54,2%. Початкова ефективність обприскування у фенофазу «формування плодів» становила 28,1%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб – 57,4%. Ефективність обприскування у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) через 2 доби становила 26,4%, а через 7 діб – 61,2%. Урожайність за застосування цього препарату становила 12,2 т/га.

Препарат Метаризин БТ (гриби роду *Metarhizium*, титр життєздатних клітин не нижче  $2,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 4,0 л/га при застосуванні у фенофазах: «рожевий бутон», «формування плодів», «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) показав найнижчу ефективність серед досліджуваних біопрепаратів. Ефективність препарату через дві доби після обробки у фенофазі «рожевий бутон» становила 10,0%, а через 7 діб – 30,4%. Початкова ефективність наступних обприскувань становила 11,0% та 12,6%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб становила 35,8% та 38,6%. Урожайність яблуні становила 11,7 т/га.

Також проведено обприскування сумішшю препаратів Боверин БТ (гриби роду *Beauveria*, титр життєздатних клітин не нижче  $3,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 10,0 л/га та Метаризин БТ (гриби роду *Metarhizium*, титр життєздатних клітин не нижче  $2,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 3,0 л/га у фенофази: «рожевий бутон», «формування плодів», «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха). В результаті досліджень виявлено, що суміш цих препаратів у нижчих

концентраціях показала синергетичний ефект, адже ефективність проведених заходів була вищою ніж при застосуванні досліджуваних препаратів окремо. У фенофазі «рожевий бутон» та «формування плодів» через дві доби ефективність становила 19,4% та 26,7%, а через 7 діб – 64,1% та 68,8%. Ефективність обприскування, проведеного у період росту плодів через дві доби становила 26,2%, а через 7 діб – 66,2%. Урожайність за застосування суміші досліджуваних препаратів становила 12,0 т/га.

Застосування препарату Бітоксисацилін БТ (життєздатні клітини *Bacillus thuringiensis var. thuringiensis* (серотип 1), титр не нижче  $2,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> і споро-кристалічний комплекс з токсинами двох видів:  $\beta$ -екзотоксин і  $\delta$ -ендотоксин), р. у нормі 3,0 л/га у фенофазу «рожевий бутон» та «формування плодів» дозволило отримати ефективність через дві доби після обробки 22,9% та 28,8%, а через 7 діб – 45,5% та 52,6%. Ефективність обприскування у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) через 2 доби становила 31,2%, а через 7 діб – 60,6%. Урожайність за застосування даного препарату становила 11,9 т/га. Початкова ефективність препарату Бітоксисацилін БТ, р. у нормі 4,0 л/га становила 27,8%, 30,9% та 32,9%, а ефективність біопрепарату через 7 діб становила 49,1%, 59,8% та 68,3%, за урожайності 12,0 т/га. Ефективність препарату Бітоксисацилін БТ, р. у нормі 5,0 л/га у фенофазі «рожевий бутон» та «формування плодів» через дві доби становила 32,8% та 32,3%, а через 7 діб – 52,5% та 61,6%. Найвищу ефективність отримали при обприскуванні у період росту плодів: через дві доби – 35,7%, а через 7 діб – 72,8%. При цьому урожайність яблуні складала 12,1 т/га.

Застосування препарату Біоспектр БТ (бактерії роду *Pseudomonas* з титром не нижче  $5,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) р. у нормі 3,0 л/га у фенофазу «рожевий бутон» проти зеленої яблуневої попелиці дозволило отримати ефективність через дві доби після обробки на рівні 26,8%, а через 7 діб – 56,6%. Початкова ефективність обприскування у фенофазу «формування плодів» становила 33,9%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб – 62,8%. Ефективність обприскування у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) через 2 доби становила 29,9%, а через 7 діб – 66,2%. Урожайність яблуні становила 12,0 т/га. Початкова ефективність препарату Біоспектр БТ, р. у нормі 6,0 л/га становила

29,4%, 34,9% та 31,9%, а ефективність біопрепарату через 7 діб становила 63,6%, 71,3% та 69,0%, за урожайності 12,1 т/га. Ефективність препарату Біоспектр БТ, р. у нормі 10,0 л/га у фенофазу «рожевий бутон» через дві доби становила 29,9%, а через 7 діб – 64,6%. Ефективність у фенофазу «ріст плодів» через 2 доби становила 32,2%, а через 7 діб – 69,8%. Початкова ефективність обприскування у фенофазу «формування плодів» становила 36,9%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб – 73,2%, що є найвищим серед досліджуваних біопрепаратів. Урожайність становила 12,2 т/га.

В якості еталону використовувався інсектицид Каліпсо 480 SC (тіаклоприд), КС у нормі 0,3 л/га, який є низькотоксичним та діє на нервову систему комах, викликаючи параліч і потім загибель. Ефективність його дії проти зеленої яблуневої попелиці через 2 доби становила 57,0%, 65,8% та 67,6%. Ефективність його дії через 7 діб становила 84,0%, 88,4% та 91,0%, за урожайності яблуні 12,4 т/га.

Враховуючи, що найвищу ефективність дії проти зеленої яблуневої попелиці отримали при застосуванні препарату Біоспектр БТ, р. у нормі 10,0 л/га та Бітоксубациліну БТ, р. у нормі 5,0 л/га, то саме ці препарати рекомендовано застосовувати у системах захисту яблуні проти шкідників в умовах Західного Лісостепу України: у фенофазу «рожевий бутон» Біоспектр БТ, р. (10,0 л/га), у фенофазу «формування плодів» Бітоксубацилін БТ, р. (5,0 л/га), а у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) Біоспектр БТ, р. (10,0 л/га).

**Висновки.** Встановлено, що досліджувані біологічні препарати показали ефективність дії проти зеленої яблуневої попелиці в межах 30,4–73,2%. Зокрема найвищу ефективність у фенофази «рожевий бутон» та «формування плодів» отримали при застосуванні препарату Біоспектр БТ, р. у нормі 10,0 л/га (64,6% та 73,2%), а у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) найефективнішою була дія Бітоксубациліну БТ, р. у нормі 5,0 л/га (72,8%). Найнижчу ефективність отримали при застосуванні препарату Метаризин БТ, р. у нормі 4,0 л/га – 30,4–38,6%. Застосування суміші Боверину БТ, р. (10,0 л/га) та Метаризину БТ, р. (3,0 л/га) дозволило отримати ефективність на 5–34% вищу ніж при застосуванні цих препаратів окремо. Урожайність яблуневих

насаджень при дослідженні біологічних препаратів становила 11,7–12,2 т/га.

**1.** Шевчук І. В., Гриник І. В., Каленич Ф. С. Агроекологічні системи інтегрованого захисту плодових і ягідних культур від шкідників і хвороб : рекомендації. Київ : ПП Санспарель, 2021. 188 с. **2.** Довідник із захисту рослин / за ред. М. П. Лісового. Київ : Урожай, 1999. 744 с. **3.** Захист яблуні від шкідливих комах, кліщів та хвороб (Південний і Південно-Східний Степ) : рекомендації / Борзих О. І., Черній А. М., Гродський В. А. та ін. Київ : Колобіг, 2014. 44 с. **4.** Яновський Ю. П., Суханов С. В., Крикунов І. В., Фоменко О. О. Ефективність сучасних інсектицидів у захисті яблуневих насаджень від попелиці червоноголової. *Захист і карантин рослин*. 2020. Вип. 66. С. 222–230. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2020.66.222-230>. **5.** Федоренко В. П., Броун І. В. Біологічний захист від зеленої яблуневої попелиці. *Карантин і захист рослин*. 2012. № 1. С. 24–25. **6.** Гунчак М. В., Гаврилюк Л. Л., Скорейко А. М. Біологічний метод захисту яблуні від шкідливих організмів. Чернівці : ФОП Варвус В.В., 2018. 18 с. **7.** Федоренко В. П., Мостов'як С. М., Мостов'як І. І. Екологічно безпечні методи контролю численності шкідників у сучасних агротехнологіях. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 4. С. 64–74. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252957>. **8.** Бровдій В. М., Гулий В. В., Федоренко В. П. Біологічний захист рослин : навч. посіб. К. : Світ, 2003. 352 с. **9.** Борзих О. І. та ін. Екотоксикологічні параметри застосування біопестицидів, розробка та адаптація біологічних систем захисту яблуні від шкідників та хвороб до ґрунтово-кліматичних умов та фітосанітарного стану агроценозу. *Фітосанітарна безпека*. 2022. Вип. 68. С. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.3-26>. **10.** Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ, 2001. 448 с. **11.** Визначення біологічної ефективності пестицидів і агрохімікатів : методичні вказівки / Чабанюк Я. В., Шерстобоева О. В., Ткач Є. Д. та ін. Київ, 2013. 36 с. **12.** Valli V., Stahl F., Feit E. *Field Experiments. Handbook of Market Research*. 2017. Pp. 1–29. DOI:10.1007/978-3-319-05542-8\_3-1.

## REFERENCES:

**1.** Shevchuk I. V., Hrynyk I. V., Kalenych F. S. Ahroekolohichni systemy intehrovanooho zakhystu plodovykh i yahidnykh kultur vid shkidnykiv i khvorob : rekomendatsii. Kyiv : PP Sansparel, 2021. 188 s. **2.** Dovidnyk iz zakhystu roslin / za red. M. P. Lisovoho. Kyiv : Urozhai, 1999. 744 s. **3.** Zakhyst yabluni vid shkidlyvykh komakh, klishchiv ta khvorob (Pivdennyi i Pivdenno-Skhidnyi Step) : rekomendatsii / Borzykh O. I., Chernii A. M., Hrodskiy V. A. ta in. Kyiv : Kolobih,

2014. 44 s. **4.** Yanovskyi Yu. P., Sukhanov S. V., Krykunov I. V., Fomenko O. O. Efektyvnist suchasnykh insektytsydiv u zakhysti yablunevykh nasadzhen vid popelytsi chervonohalovoi. *Zakhyst i karantyn roslyn*. 2020. Vyp. 66. S. 222–230. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2020.66.222-230>. **5.** Fedorenko V. P., Broun I. V. Biolohichni zakhyst vid zelenoi yablunevoi popelytsi. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2012. № 1. S. 24–25. **6.** Hunchak M. V., Havryliuk L. L., Skoreiko A. M. Biolohichni metod zakhystu yabluni vid shkidlyvykh orhanizmiv. Chernivtsi : FOP Varvus V.V., 2018. 18 s. **7.** Fedorenko V. P., Mostoviyak S. M., Mostoviyak I. I. Ekolohichno bezpechni metody kontroliu chyslennosti shkidnykiv u suchasnykh ahrotekhnolohiiakh. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2021. № 4. S. 64–74. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252957>. **8.** Brovdii V. M., Hulyi V. V., Fedorenko V. P. Biolohichni zakhyst roslyn : navch. posib. K. : Svit, 2003. 352 s. **9.** Borzykh O. I. ta in. Ekotoksykolohichni parametry zastosuvannya biopestytsydiv, rozrobka ta adaptatsiia biolohichnykh system zakhystu yabluni vid shkidnykiv ta khvorob do gruntovo-klimatychnykh umov ta fitosanitarnoho stanu ahrotsenozu. *Fitosanitarna bezpeka*. 2022. Vyp. 68. S. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.3-26>. **10.** Metodyky vyprobuvannya i zastosuvannya pestytsydiv / za red. prof. S. O. Trybelia. Kyiv, 2001. 448 s. **11.** Vyznachennia biolohichnoi efektyvnosti pestytsydiv i ahrokhimikativ : metodychni vkazivky / Chabaniuk Ya. V., Sherstoboieva O. V., Tkach Ye. D. ta in. Kyiv, 2013. 36 s. **12.** Valli V., Stahl F., Feit E. Field Experiments. *Handbook of Market Research*. 2017. Pp. 1–29. DOI:10.1007/978-3-319-05542-8\_3-1.

---

**Hunchak M. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Director** (Chernivtsi regional center of the State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Chernivtsi), **Pasichniak V. I., Director** (South-Western Interregional Center of the State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Agronomichne village, Vinnytsia region), **Hryshchenko O. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Scientific Secretary** (State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Kyiv), **Moroz O. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## EFFICIENCY OF APPLICATION OF THE BIOLOGICAL METHOD OF APPLE TREES PROTECTION AGAINST THE GREEN APPLE APHID IN THE WESTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE

The technical effectiveness of the use of biological preparations

**to protect apple trees from green apple aphid in 2021–2022 in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine was investigated. Research has established that biological preparations have shown effectiveness against green apple aphid in the range of 30.4–73.2%. In particular, the highest efficiency in the "pink bud" and "fruit formation" phenophases was obtained when using the preparation Biospectr BT, r. (10.0 l/ha) – 64.6% and 73.2%, respectively, and in the "fruit growth" phenophase (fruit the size of a walnut) the most effective was the effect of Bitoxybacillin BT, r. (5.0 l/ha) – 72.8%. Therefore, it is recommended to use these preparations in apple tree protection systems against pests in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. The effectiveness of the preparation Actofit BT, k.e. in the norm of 2.0 l/ha was 44.3–59.2%, in the norm of 3.0 l/ha – 51.6–61.3%, and in the norm of 4.0 l/ha – 59.5–66.8%, the yield of apple fruits using this preparation was 11.8–11.9 t/ha. The effectiveness of the preparation Boverin BT, r. at the rate of 20.0 l/ha was 54.2–1.2% with a yield of 12.2 t/ha. The effectiveness of the preparation Metarizin BT, r. at the rate of 4.0 l/ha was in the range of 30.4–38.6%, and the yield of apple trees was at the level of 11.7 t/ha, which was the lowest among the studied preparations. The use of a mixture of Boverin BT, r. (10.0 l/ha) and Metarizin BT, r. (3.0 l/ha) was effective, which made it possible to obtain an efficiency within the range of 64.1–68.8%, which by 5–34% higher than when using these preparations separately. The yield for the application of the mixture of the studied preparations was 12.0 t/ha. The effectiveness of the preparation Bitoxybacillin BT, r. at the rate of 3.0 l/ha was 45.5–60.6%, at the rate of 4.0 l/ha – 49.1–68.3%, and at the rate of 5.0 l/ha – 52.5–72.8%, with a yield of 11.9–12.1 t/ha. The effectiveness of the preparation Biospectr BT, r. at the rate of 3.0 l/ha was 56.6–66.2%, at the rate of 6.0 l/ha – 63.6–71.3%, and at the rate of 10.0 l/ha – 64.6–73.2%. The yield of apple orchards when using this preparation was 12.0–12.2 t/ha.**

***Keywords:* apple plantations; biological preparations; phytophages; aphids; technical efficiency.**



**Клименко Л. В., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,  
l.v.klimenko@nuwm.edu.ua)

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКА ІНДЕКСУ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІЧНИХ СФЕР СЕРЕДНІХ МІСТ УКРАЇНИ**

У статті викладено дані аналізу та оцінювання станів економічних сфер середніх міст за 12 індикаторами, кількісні значення яких були унормовані у шкалу від 0 до 1,0, з використанням формул для стимуляторів і дестимуляторів. На підставі цих даних був проведений кореляційний аналіз, а на підставі матричних коефіцієнтів встановлені індикатори які результативно впливають на величину індексу розвитку економічних сфер цих міст.

Багатофакторна лінійна регресія, яка описує залежність індексу розвитку економічної сфери середніх міст від 7 індикаторів, що характеризують:  $x_1$  – основні показники економічної активності;  $x_4$  – розвиток підприємства;  $x_6, x_7$  – інвестиційну активність;  $x_8, x_9$  – зовнішньо-економічну активність;  $x_{10}$  – транспортну активність, при коефіцієнті детермінації 0,999.

При перевірці придатності для використання багатофакторної лінійної регресії встановлено, що розбіжності показників індексів розвитку економічних сфер середніх міст, розрахованих з 12 індикаторів як середньоарифметичне й індексами розвитку економічних сфер цих міст, розрахованих за багатофакторною лінійною регресією не перевищують похибок від 0 до 4,2%.

Отримана математична модель, яка описує вплив індексів розвитку економічних сфер середніх міст на інтегральний індекс сталого розвитку міст має вид прямої лінії з коефіцієнтом кореляції 0,84. Діапазон похибок при порівнянні інтегральних індексів сталого розвитку міст розрахованих з трьох індикаторів розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер міст і розрахованих інтегрованих індексів сталого розвитку за залежністю прямої лінії змінювався у межах від 0,2 до 15,4%.

*Ключові слова:* економічна сфера; індикатори; стимулятори;

## **дестимулятори; математичні моделі; регресія; коефіцієнти кореляції; коефіцієнти детермінації; похибка.**

**Постановка проблеми.** Відомо, що в економіці міст і регіонів України, тривалий час, особливо під час війни і в умовах перехідного періоду, відбуваються як структурні зміни, так і диференціація рівня розвитку їх екологічних сфер життєдіяльності, що спонукає до пошуку причин їх появи, і насамперед об'єктивного аналізу економічних кількісних і якісних індикаторів та їх врахуванні при оцінюванні рівня розвитку цієї сфери. Таке дослідження доцільно здійснювати на базі індикаторів наведених у статистичній звітності, які характеризують показники, а саме: економічної діяльності, бюджетні, розвитку підприємництва, інноваційної, інвестиційної, зовнішньо-економічної, транспортної активності [1]. Своєю чергою використання цих індикаторів дозволить при вивченні динаміки їх змін у часі розробити математичні моделі прогнозування їхніх змін у ближчій перспективі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Методологія прогнозування економічного розвитку міст подібна до методології прогнозування розвитку регіону. Водночас вона має ряд особливостей, що обумовлені необхідністю об'єктивно оцінювати та передбачати зміну кількісних характеристик індикаторів, які є унікальними для певних груп міст малих, середніх, великих.

Вирішенню проблематики прогнозування соціо-економіко-екологічного розвитку регіонів присвячено численні наукові публікації, в яких досліджувалися моделі і методи соціально-економічного прогнозування [2], моделювання страхового механізму [3], узагальненої моделі розвитку економіки [4; 5], моделювання у розв'язанні проблем сталого розвитку територій і регіону [6–9].

Аналіз цих наукових праць засвідчує, що більшість розглянутих моделей були присвячені прогнозуванню розвитку регіонів і не були спрямовані на розробку моделей прогнозування розвитку економічної сфери міст.

Відтак, для розробки моделі прогнозування розвитку економічної сфери міст виникає потреба в проведенні аналітичних досліджень, які передбачають, а саме: розрахунку індексів розвитку економічних сфер міст; установлення впливу індикаторів на величину показника індексу розвитку економічної сфери; розроблення моделі прогнозування величини інтегрального індексу сталого розвитку міста за показниками індексу розвитку економічної сфери. Актуальність цієї проблеми і зумовили вибір теми досліджень.

**Мета роботи** полягала в розробці математичної моделі прогнозування розвитку економічної сфери середніх міст України. Досягнення мети передбачало виконання наступних завдань: вибір індикаторів для характеристики економічних сфер міст, переведення індикаторів у нормовану шкалу від 0 до 1,0, розрахунок індексів розвитку економічних сфер (ІРЕС) середніх міст, розрахунок багатофакторної лінійної регресії для оцінки станів економічних сфер середніх міст, розрахунок інтегральних індексів сталого розвитку міст за показниками індексів розвитку економічних сфер середніх міст.

**Об'єкт дослідження.** Процеси змін, які відбуваються в економічних сферах життєдіяльності середніх міст.

**Предмет дослідження.** Індикатори, які характеризують стани економічних сфер середніх міст, математичні моделі, які характеризують залежність індексів розвитку економічних сфер середніх міст від індикаторів їх життєдіяльності та залежність інтегрального індексу сталого розвитку міст від індексів розвитку економічних сфер.

**Методи і методики проведення досліджень.** При проведенні досліджень використовувались методи: ретроспективного аналізу первинних статистичних індикаторів; порівнянь; кореляційного і регресійного аналізу з використанням програм Microsoft Excel та Statistics. Оцінку рівня економічного розвитку міст здійснювали зведенням унормованих індикаторів у шкалу від 0 до 1,0 в індекс розвитку економічних сфер середніх міст (як середньоарифметичного); оцінку інтегрального індексу сталого розвитку міст розраховували як середньоарифметичне з трьох індексів розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер середніх міст.

**Результати досліджень.** Аналіз та оцінювання станів економічних сфер середніх міст проводили за наступними критеріями: основних показників економічної діяльності (два індикатори); бюджетної самодостатності (один індикатор); розвитку підприємництва (один індикатор); інвестиційної активності (два індикатори); інноваційної активності (один індикатор); зовнішньоекономічної активності (чотири індикатори); транспортної активності (один індикатор) (рисунок).

При цьому слід зазначити, що вибір індикаторів визначали за ознаками важливості, наявності динамічних змін впродовж років, об'єктивності.

Переведення індикаторів, які характеризували економічні

сфери середніх міст, у нормований вигляд у шкалу від 0 до 1,0 здійснювали з використанням формул:

для індикаторів стимуляторів

$$x_1 = \frac{N_i - N_{(\min)}}{N_{(\max)} - N_{(\min)}} ; \quad (1)$$

для індикаторів дестимуляторів

$$x_2 = \frac{N_{(\max)} - N_i}{N_{(\max)} - N_{(\min)}} , \quad (2)$$

де  $x_1, x_2$  – унормовані у шкалу від 0 до 1,0 індикатори які характеризують окремі критерії економічної сфери, одн.;  $N_{(\max)}$  стимулятори,  $N_{(\min)}$  дестимулятори – брали значення базових індикаторів, які за кількісними показниками відповідали кращим для середніх міст, одн;  $N_i$  – фактичні значення індикаторів, одн.

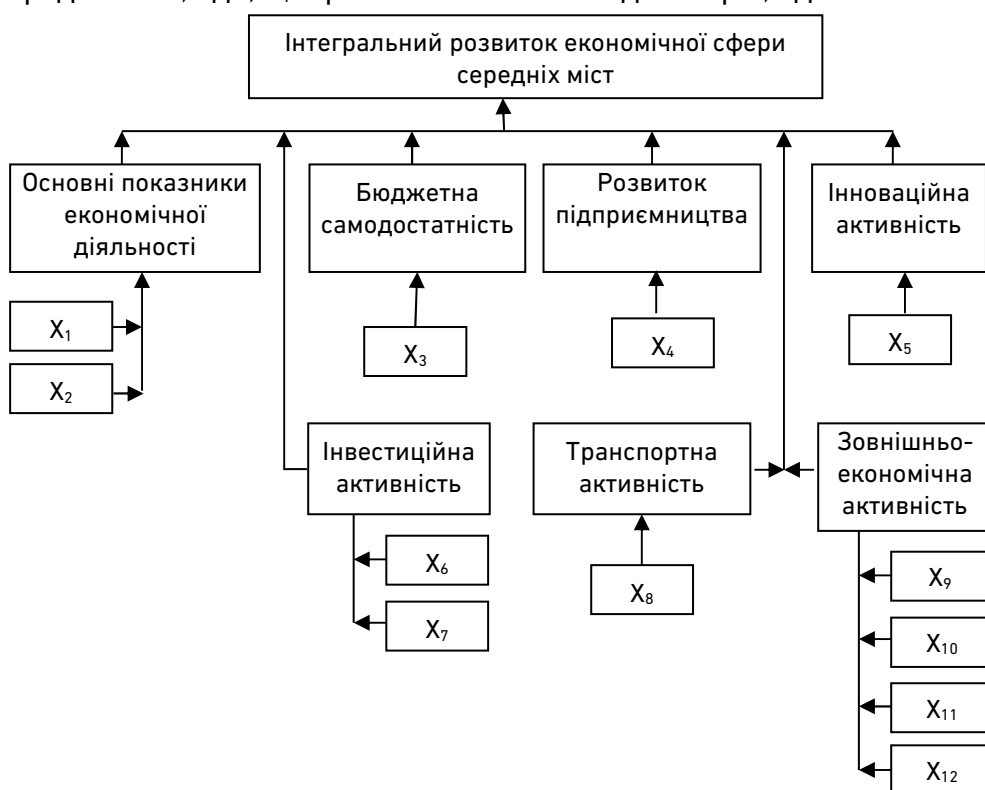


Рисунок. Схема розрахунку інтегрального показника розвитку економічної сфери середніх міст:

$X_1$  – обсягу реалізованої продукції, тис. грн/особу;  $X_2$  – роздрібний товарооборот підприємств, тис. грн/особу;  $X_3$  – доходи бюджету тис.

грн/особу;  $X_4$  – кількості малих підприємств, одн./10 тис. осіб;  $X_5$  – обсягу реалізованої інноваційної продукції, тис. грн/особу;  $X_6$  – інвестицій в основний капітал, тис. грн/особу;  $X_7$  – прямих іноземних інвестицій в економіку міста, дол. США/особу;  $X_8$  – експорту товарів, дол. США/особу;  $X_9$  – експорту послуг, дол. США/особу;  $X_{10}$  – перевезення вантажів автотранспортом, т/особу;  $X_{11}$  – імпорту товарів, тис. дол. США/особу;  $X_{12}$  – імпорту послуг, тис. дол. США/особу

За наведеними формулами 1 і 2 нами були розраховані індекси розвитку економічних сфер середніх міст за 2010, 2017, 2020 роки, які змінювалися в діапазоні від 0,262 до 0,615.

Одночасно за результатами кореляційного і регресійного аналізу нами було встановлено, що між індикаторами які характеризують економічну сферу середніх міст, а саме: обсягу реалізованої промислової продукції, грн/особу; роздрібний товарооборот підприємств, грн/особу; доходи бюджету, грн/особу; кількості малих підприємств, грн/особу; обсяг реалізованої інноваційної продукції, грн/особу; інвестицій в основний капітал, грн/особу; прямих іноземних інвестицій в економіку міста, дол. США/особу; експорту товарів, дол. США/особу; експорту послуг, дол. США/особу; перевезень вантажів автотранспортом, т/особу; імпорту товарів, дол. США/особу; імпорту послуг, дол. США/особу та величинами індексів розвитку економічних сфер (ІРЕекон.С) середніх міст, за період 2010–2020 роки, виявлені від слабкого до дуже сильного кореляційні зв'язки ( $r, \eta$  0,21–0,91), а рівняння, які описують ці зв'язки, мають вид прямих ліній або парабол другого і третього ступенів (табл. 1).

Таблиця 1

Результати кореляційного і регресійного аналізу залежності індексу розвитку економічної сфери від величин індикаторів (2010–2017 рр.)

№ з/п	Назва індикатора	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації
1	Обсяг реалізованої промислової продукції, грн/особу	$y_1 = 3E - 0,5X_1 + 0,0648$	0,3661
2	Роздрібний товарооборот підприємств, грн/особу	$y_2 = 6E - 0,6X_2 + 0,408$	0,192
3	Доходи бюджету, грн/особу	$y_3 = 2E - 11X_3^3 - 3E - 0,7X^2 + 0,0015X_3^3 -$	0,4618

продовження табл. 1

4	Кількість малих підприємств, грн/особу	$y_4=0,0043X_4+0,0782$	0,8906
5	Обсяг реалізованої інноваційної продукції, грн/особу	$y_5=3E-10X_5^3-1E-0,6X_5^2+0,001X_5+0,2513$	0,9384
6	Інвестиції в основний капітал	$y_6=8E-0,5X_6+0,3065$	0,395
7	Прямах іноземних інвестицій в економіку міста	$y_7=0,0002X_7+0,3671$	0,3912
8	Експорту товарів, дол. США/особу	$y_8=0,0002X_8+0,3443$	0,1434
9	Експорту послуг, дол. США/особу	$y_9=0,0023X_9+0,3239$	0,5985
10	Перевезень вантажів автотранспортом, т/особу	$y_{10}=-2E-0,5X_{10}^3+0,0013X_{10}^2-0,0152X_{10}+0,4524$	0,3492
11	Імпорту товарів, дол. США/особу	$y_{11}=4E-0,5X_{11}+0,4277$	0,128
12	Імпорту послуг, дол. США/особу	$y_{12}=0,0018X_{12}+0,3759$	0,1435

Дуже слабкий зв'язок був установлений для індикаторів, а саме: роздрібного товарообороту підприємств (0,192); експорту товарів (0,143); імпорту товарів (0,128); імпорту послуг (0,144). Слабкий зв'язок був виявлений для індикаторів: обсягу реалізованої промислової продукції (0,366); доходів бюджету (0,462); інвестицій в основний капітал (0,395); прямих іноземних інвестицій в економіку міста (0,391); перевезень вантажів автотранспортом (0,349). Для індикатора експорту послуг був установлений помірний зв'язок (0,598), кількості малих підприємств – сильний зв'язок (0,89), а для обсягу реалізованої інноваційної продукції дуже сильний зв'язок (0,938).

На підставі аналізу установлених взаємозв'язків між індикаторами і показниками ІРЕС середніх міст нами були відібрані лише 12 індикаторів для проведення багатofакторного регресійного і кореляційного аналізу. Як свідчать розрахунки, залежність між ІРЕС середніх міст, за період 2010–2020 років з 12 індикаторами

76

економічних сфер цих міст опис описується багатофакторною лінійною регресією, яка має вид:

$$y = 0,34 + 0,34 + 0,0005 \cdot x_1 + (-0,0031 \cdot x_4) + 0,0017 \cdot x_6 + 0,00016 \cdot x_7 + (-0,000002 \cdot x_8) + 0,0025 \cdot x_9 + 0,0053 \cdot x_{10}. \quad (3)$$

#### ВИВЕДЕННЯ ПІДСУМКІВ

<i>Регресійна статистика</i>					
Множинний R					0,999999
R-квадрат					0,999998
Нормований R-квадрат					0,999994
Стандартна помилка					0,000255
Спостереження					11
<i>Дисперсійний аналіз</i>					
	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	7	0,105169	0,015024	230800,4	1,37E-08
Залишок	3	1,95E-07	6,51E-08		
Разом	10	0,105169			

Судячи з отриманої залежності суттєвий вплив на ІРЕС середніх міст здійснює лише 7 індикаторів, а саме:  $x_1$  – обсяг реалізованої продукції, тис. грн/особу;  $x_4$  – кількість малих підприємств, одн./особу;  $x_6$  – інвестицій в основний капітал, тис. грн/особу;  $x_7$  – прямих іноземних інвестицій в економіку міста, дол. США/особу;  $x_8$  – експорту товарів, дол. США/особу;  $x_9$  – експорту послуг, дол. США/особу;  $x_{10}$  – перевезення вантажів автотранспортом, т/особу.

Інші індикатори 5 із 12 при кореляційному і регресійному аналізі були оцінені як такі, що суттєвого впливу на величину ІРЕС середніх міст не чинять, а тому ними можна знехтувати.

Перевірка багатофакторної лінійної регресії, яка дозволяє розраховувати показники ІРЕС середніх міст за 7 індикаторами економічних сфер на співпадіння з показниками ІРЕС цих міст розрахованого як середньоарифметичного з 12 індикаторів економічних сфер, засвідчує, що похибка при порівнянні між ними не перевищує від 0 до 4,2%, за виключенням у місті Мелітополі від 14 до 16,8% (табл. 2).

Відтак, багатофакторну лінійну регресію можна використовувати для розрахунку показників ІРЕС з використанням лише 7 індикаторів за номерами:  $x_1$ ;  $x_4$ ;  $x_6$ ;  $x_7$ ;  $x_8$ ;  $x_9$ ;  $x_{10}$ .

Таблиця 2

Результати перевірки придатності багатofакторної лінійної регресії  
для прогнозування ІРЕС середніх міст (2010–2020 р.)

Місто	Роки визначення					
	2010 р.		2017 р.		2020 р.	
	2	3	2	3	2	3
Івано-Франківськ	<u>0,615</u> <u>0,589</u>	-4,2	<u>0,557</u> <u>0,576</u>	+3,4	<u>0,593</u> <u>0,596</u>	+0,5
Луцьк	<u>0,515</u> <u>0,530</u>	+2,9	<u>0,448</u> <u>0,461</u>	+2,9	<u>0,432</u> <u>0,444</u>	+2,8
Мелітополь	<u>0,262</u> <u>0,306</u>	+16,8	<u>0,343</u> <u>0,295</u>	-14,0	–	
Рівне	<u>0,507</u> <u>0,493</u>	-2,8	<u>0,521</u> <u>0,503</u>	-3,5	<u>0,442</u> <u>0,442</u>	0

*Примітка:* чисельник величина ІРЕС середньоарифметичне вираховане з 12 унормованих індикаторів; знаменник величини ІРЕС розрахований з формулою (3); 3 – похибка ІРЕС, %.

Поряд з цим нами було проведений аналіз динаміки змін ІРЕС середніх міст в часі, який засвідчує, що у період 2010–2017 років зміни у середніх містах відбувалися суперечливо (табл. 3). Як видно з таблиці 3 індекси розвитку екологічних сфер у Івано-Франківську і Луцьку зменшувалися за 7 років на величини - 0,058 і - 0,067 відповідно, а у Мелітополі, Рівному навпаки зростали на величини + 0,081 і + 0,014 відповідно.

Впродовж 2017–2020 років зростання показників ІРЕС середніх міст мало місце у Івано-Франківську на 0,026 та зниження у Луцьку на -0,016 і Рівному на -0,079 одиниць. Причина цих змін обумовлюється зростанням кількісних значень показників дестимуляторів і зниженням показників стимуляторів у ці періоди визначення та порівнянь.

Одночасно, на підставі регресійного і кореляційного аналізу, нами була отримана математична модель, яка характеризує вплив ІРЕС середніх міст та дозволяє розрахувати величину інтегрального індексу сталого розвитку міст, яка має вид прямої лінії при коефіцієнті детермінації 0,677:

$$y = 0,083 + 0,894x, \quad (4)$$



де  $y$  – розрахований показник ІІСРМ, одн.;  $x$  – розраховані показники ІРЕС, одн.

<i>Регресійна статистика</i>					
Множинний R					0,842014
R-квадрат					0,708987
Нормований R-квадрат					0,676653
Стандартна помилка					0,063727
Спостереження					11
<i>Дисперсійний аналіз</i>					
	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	1	0,089046	0,089046	21,9265	0,001148
Залишок	9	0,03655	0,004061		
Разом	10	0,125596			

Результати перевірки придатності отриманої моделі 4 для прогнозних розрахунків ІІСРМ за показниками ІРЕС середніх міст представлені у таблиці 4.

Таблиця 3

Аналіз динаміки змін індексів розвитку економічної сфери середніх міст

Місто	Роки визначення				
	2010 р.	2017 р.		2020 р.	
1	2	2	3	2	3
Івано-Франківськ	0,615	0,557	-0,058	0,593	+0,036
Луцьк	0,515	0,448	-0,067	0,432	-0,016
Мелітополь	0,262	0,343	+0,081	—	
Рівне	0,507	0,521	+0,014	0,442	-0,079

*Примітка:* 2 – величина ІРЕС середньоарифметичне з унормованих індикаторів, одн.; 3 – зміна ІРЕС. у часі, одн.

Як видно з таблиці 4, розраховані за залежністю 4 показники ІІСРМ з використанням величин ІРЕС середніх міст і ІІСРМ показники яких встановлені як середньоарифметичне з 12 індикаторів,

відрізняються між собою на величини, а саме: Івано-Франківську від + 1,6% у 2010 році, - 15,4% у 2017 році, - 10,5% у 2020 році; Луцьку - 7,3% у 2010 році, - 0,2% у 2017 році і - 4,5% у 2020 році; Мелітополі - 20,8% у 2010 році, + 2,9% у 2017 році; Рівному - 5,2% у 2010 році, + 10,9% у 2017 році і + 14,4% у 2020 році.

На підставі врахування величин похибок, більшість з яких, при порівнянні величин ІІСРМ (середньоарифметичного) і ІСРМ, отриманих за залежністю 4, не перевищують 15% математичну модель 4.

Таблиця 4

Результати перевірки придатності залежності прогнозу величин ІІСРМ за показниками ІРЕС

Місто	Роки визначення								
	2010 р.			2017 р.			2020 р.		
1	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Івано-Франківськ	0,623	0,633	+1,6	0,687	0,581	-15,4	0,685	0,613	-10,5
Луцьк	0,506	0,543	+7,3	0,485	0,484	-0,2	0,469	0,447	-4,5
Мелітополь	0,40	0,317	-20,8	0,379	0,390	+ 2,9			
Рівне	0,478	0,453	- 5,2	0,495	0,549	+10,9	0,418	0,478	+14,4

*Примітка:* 2 – величина показника ІІСРМ, одн.; 3 – величина показника ІСРМ розраховані за залежністю 5, одн.; 4 – похибка, %.

Для прогнозу інтегрального індексу сталого розвитку міст можна використовувати лише 7 індикаторів економічних сфер.

#### **Висновки:**

1. Залежність між величинами індексів розвитку соціальних сфер середніх міст за період 2010–2020 років та 7 індикаторами, які результативно, судячи з коефіцієнтів кореляції, впливають на стан цих сфер, описуються математичною моделлю, яка має вид багатофакторної лінійної регресії при коефіцієнті детермінації 0,999.

2. Отримана багатофакторна лінійна регресія є статистично достовірною при коливанні величин похибок від 0 до 4,2% так і відповідно придатною для прогнозування величин ІРЕС середніх міст за 7 індикаторами, які характеризують економічні сфери цих міст у показниках розрахованих на особу.

3. Залежність між величинами інтегральних індексів сталого розвитку міст за період 2010–2020 років та індексами розвитку економічних сфер середніх міст України описуються математичною моделлю, яка має вид зростаючої прямої лінії при коефіцієнті детермінації 0,677.

4. Отримана математична модель, яка має вид прямої лінії, є статистично достовірною при коливанні величин похибок від –0,2 до 15,4% для Івано-Франківська, Луцька, Рівного та від 2,9% до 20,8% для Мелітополя.

1. Герасимчук З. В., Кондіус І. С. Теоретичні та прикладні засади прогнозування стійкого розвитку регіону : монографія. Луцьк : Надстир'я, 2010. 412 с. 2. Геєць В. М. Моделі і методи соціально–економічного прогнозування / В. М. Геєць, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк, В. В. Іванов, Н. А. Дубровіна, А. В. Ставицький. Харків : ВД «Інжек», 2005. 396 с. 3. Брикун Є. В. Моделювання страхового механізму компенсації еколого-економічних збитків. Харків : Форт, 2004. 256 с. 4. Карпінський Б. А., Божко С. М. Сталий розвиток економіки і узагальнена модель. Львів, 2005. 256 с. 5. Систематичний аналіз і моделювання у розв'язанні проблем сталого розвитку територій / С. З. Поліщук, В. О. Долодаренко, Н. А. Чорнобривкіна, А. І. Рябко. Дніпропетровськ : Поліграфіст, 2001. 133 с. 6. Вітліновський В. В. Моделювання економіки : навч. посіб. К. : КНЕУ, 2003. 408 с. 7. Лященко І. М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку. К. : Вища школа, 1999. 236 с. 8. Кондіус І. С. Обґрунтування моделі прогнозування стійкого розвитку регіону. *Економічні науки* : зб. наук. пр. / під ред. д.т.н., проф. Ю. Г. Лега. Черкаси : ЧДТУ, 2008. С. 279–283. 9. Кондіус І. С. Методичні підходи до перспективного прогнозування стійкого розвитку регіону. *Економічні науки. Сер. Регіональна економіка* : зб. наук. пр. / під ред. д.е.н., проф. З. В. Герасимчук. Луцьк : ЛНТУ, 2008. № 5 (17). Ч. 2. С. 153–176.

## REFERENCES:

1. Herasymchuk Z. V., Kondius I. S. Teoretychni ta prykladni zasady prohnozuvannia stiikoho rozvytku rehionu : monohrafiia. Lutsk : Nadstyria, 2010. 412 s. 2. Heiets V. M. Modeli i metody sotsialno–ekonomichnoho prohnozuvannia / V. M. Heiets, T. S. Klebanova, O. I. Cherniak, V. V. Ivanov, N. A. Dubrovina, A. V. Stavyskyi. Kharkiv : VD «Inzhek», 2005. 396 s. 3. Brykun Ye. V. Modeliuvannia strakhovoho mekhanizmu kompensatsii ekoloho–ekonomichnykh zbytkiv. Kharkiv : Fort, 2004. 256 s. 4. Karpinskyi B. A., Bozhko S. M. Stalyi rozvytok ekonomiky i uzahalnena model. Lviv, 2005. 256 s. 5. Systematychnyi analiz i modeliuvannia u rozviazanni problem staloho

rozvytku terytorii / S. Z. Polishchuk, V. O. Dolodarenko, N. A. Chornobryvkina, A. I. Riabko. Dnipropetrovsk : Polihrafist, 2001. 133 s. **6.** Vitlinovskyi V. V. Modeliuvannia ekonomiky : navch. posib. K. : KNEU, 2003. 408 s. **7.** Liashchenko I. M. Ekonomiko-matematychni metody ta modeli staloho rozvytku. K. : Vyshcha shkola, 1999. 236 s. **8.** Kondius I. S. Obgruntuvannia modeli prohozuvannia stiikoho rozvytku rehionu. *Ekonomichni nauky* : zb. nauk. pr. / pid red. d.t.n., prof. Yu. H. Leha. Cherkasy : ChDTU, 2008. S. 279–283. **9.** Kondius I. S. Metodychni pidkhody do perspektyvnoho prohozuvannia stiikoho rozvytku rehionu. *Ekonomichni nauky. Ser. Rehionalna ekonomika* : zb. nauk. pr. / pid red. d.e.n., prof. Z. V. Herasymchuk. Lutsk : LNTU, 2008. № 5 (17). Ch. 2. S. 153–176.

---

**Klymenko L. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **MATHEMATICAL PROGNOSTICATION MODEL OF THE INDICATOR OF DEVELOPMENT INDEX OF ECONOMIC SPHERES OF MEDIUM-SIZED CITIES OF UKRAINE**

**The article presents data of analysis and state assessment of economic sphere of medium-sized cities according to 12 indicators the quantitative values of which were normalized in the scale from 0 to 1,0, using the formula for stimulants and destimulants. On the basis of these data the correlation analysis was carried out, and on the basis of matrix coefficients the indicators which efficiently influence the value of the development index of economic sphere of these cities were established.**

**Multivariate linear regression describes the dependence of development index of economic sphere of medium-sized cities on seven indicators which characterize the following ones:  $x_1$  – the main indicators, of economic activity,  $x_4$  – the development of enterprises,  $x_6$ ,  $x_7$  – investment activity,  $x_8$ ,  $x_9$  – foreign economic activity,  $x_{10}$  – transport activity when determination coefficient is 0,999.**

**When doing usability testing for multivariate linear regression, it is ascertained that discrepancies in indicators of development index of economic sphere of medium-sized cities calculated from 12 indicators as arithmetic mean and development index of economic spheres of**

**these cities, calculated according to multivariate linear regression, do not exceed errors from 0 to 4,2%.**

**The received mathematical model which describes the influence of development index of economic sphere of medium-sized cities on integral index of sustainable development of cities has the appearance of a straight line with correlation coefficient 0,84.**

**The error range compared to integral indices of sustainable development of cities calculated from three indicators of social, economic, ecological spheres of cities development and calculated integral indices of sustainable development according to the dependence of straight line was changing from 0,2 to 15,4%.**

***Keywords:* economic sphere; indicators; stimulants; destimulants; mathematical models; regression; correlation coefficients; determination coefficients; error.**

УДК 574.3:502.211(477.82-751.2) <https://doi.org/10.31713/vs220247>

**Музиченко О. С., к.б.н., доцент; Боярин М. В., к.геогр.н., доцент**  
(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк,  
muzychenko.oksana@vnu.edu.ua, Boyaryn.Maria@vnu.edu.ua),  
**Буднік З. М., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного  
господарства та природокористування, м. Рівне,  
z.m.budnik@nuwm.edu.ua)

### **СТАН ЦЕНОПОПУЛЯЦІЙ *PLATANThERA BIFOLIA* (L.) RICH. НА ТЕРИТОРІЇ КІВЕРЦІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ЦУМАНСЬКА ПУЩА»**

В статті наведено результати дослідження еколого-ценотичних особливостей, вікової структури ценопуляцій *Platanthera bifolia* (L.) Rich. – виду, занесеного до Червоної книги України у статусі «неоцінений», на території Ківерцівського національного природного парку «Цуманська пуща». Флористичний склад фітоценозів за участю *P. bifolia* у національному парку нараховує: на ПП № 1 – 23 види, ПП № 2 – 17 видів рослин, в піднаметовому покриві домінують *Majanthemum bifolium*, *Convallaria majalis*, *Galeobdolon luteum*, *Galeobdolon luteum*, *Vinca minor*. В умовах парку для *P. bifolia* характерний неповний тип онтогенезу: описано два періоди (прегенеративний і генеративний) та 5 вікових станів (ювенільні, іматурні, віргінільні, генеративні квітучі рослини, генеративні тимчасово неквітучі рослини). Встановлено, що ценопуляції *P. bifolia* у парку неповночленні, нормального типу, характеризуються бімодальними, лівосторонніми віковими спектрами з максимумом на особинах прегенеративного періоду. В період дослідження не виявлені проростки *P. bifolia*, хоча є ювенільні особини, а також відсутні сенільні особини. На ПП № 1 в умовах свіжого бору зростає 121 особина, щільність становить 0,12 м<sup>2</sup>, на ПП № 2 в умовах вологого субору описано 159 особин зі щільністю 0,16 м<sup>2</sup>. Згідно визначеного індекса віковості обидві популяції є молодими.

**Ключові слова:** ценопуляція; *Platanthera bifolia*; онтогенетична структура; Ківерцівський НПП «Цуманська пуща».

**Актуальність дослідження.** Формування екологічної мережі

України передбачає збільшення кількості природоохоронних територій та забезпечення зв'язків між ними. Важливою складовою у формуванні природно-заповідного фонду Волинської області є Ківерцівський національний природний парк «Цуманська пуща», створений для охорони унікальних, цінних, з наукового, природоохоронного та рекреаційного поглядів, природних комплексів та об'єктів [1; 12].

В сучасних умовах зникають первинні місцезростання рідкісних видів рослин, зокрема, родини Зозулинцеві (*Orchidaceae* Juss.), скорочуються їх ареали, відбувається інсуляризація популяцій, що у свою чергу призводить до зменшення кількості особин та змін просторової та вікової структури ценопопуляцій. Представники родини *Orchidaceae*, становлять інтерес також як декоративні рослини, які заслуговують широкого впровадження в культуру [9].

Особливо актуальним є питання збереження природного ресурсного потенціалу *Platanthera bifolia* (L.) Rich. Це вимагає вивчення структури її природних популяцій залежно від типів лісорослинних умов, відновлення і збільшення чисельності популяції у природних умовах росту в багаторічній динаміці, які повинні стати основою для оцінки загроз виду і вироблення заходів по його охороні [13].

**Метою дослідження** є оцінка онтогенетичної структури та еколого-фітоценотичних особливостей *Platanthera bifolia* (L.) Rich. в умовах Ківерцівського національного природного парку «Цуманська пуща».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині антропогенне навантаження на природні екосистеми веде до випадання з них вразливих видів рослин [16; 20]. Зокрема, це відбувається і з представниками родини *Orchidaceae* [11; 15].

До видів які потребують охорони належить *P. bifolia* (L.) Rich. [15], це – палеарктичний вид з широким ареалом, який охоплює Європу, Середземномор'я, Кавказ, Південний Сибір. Зустрічається і в Північній Африці. В Україні *Platanthera bifolia* спорадично поширений у Карпатах, на Поліссі, рідше – в Лісостепу, дуже рідко – в Степу. *P. bifolia* зростає до 2500 м висоти над рівнем моря [19].

Рідкісний вид занесено до Червоної книги України у статусі «неоцінений» [14]. Харчова, лікарська та декоративна культура. *P. bifolia* занесена до Додатку II Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни та флори, що перебувають під загрозою

зникнення (CITES) [6]. Чисельність виду скорочується через масовий збір квітів і заготівлю бульб, негативно на чисельність популяції впливає вирубка лісів, кліматичні зміни, руйнування природного середовища внаслідок рекреаційного навантаження та господарської діяльності [17].

Нині опубліковано результати досліджень онтогенетичної, віталітетної структури популяції *P. bifolia*. В роботі І.П. Люблинець з співавторами засвідчив, що за умов незначного антропогенного впливу (регульоване викошування, попередження задерніння травостою) популяції *P. bifolia* є молодими, нормальними, повночленними із задовільним насіннєвим поновленням [7].

Оцінка демографічних показників популяцій *P. bifolia* у Галицькому НПП засвідчила, що в умовах заповідних територій відбуваються флуктаційні зміни чисельності особин, проте самі популяції *P. bifolia* залишаються стабільними і їх розвиток повністю забезпечується насіннєвим поновленням [3].

Стабільність розвитку популяцій *P. bifolia* залежить від погодних умов, зокрема рівня зволоження. Високий рівень освітлення впливає на більшу довжину суцвіть та кількість на них квіток у рослин [15].

Причинами скорочення чисельності любки дволистої у природних угрупованнях є: негативний вплив антропогенного фактору (насамперед, постійне знищення значної кількості генеративних особин), труднощі, проростання насіння (обов'язкова присутність певних мікоризних грибів), відсутність вегетативного розмноження [2].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження проводились протягом вегетаційного періоду 2021–2023 рр. *P. bifolia* (L.) досліджувались на території Ківерцівського НПП «Цуманська пуща» Берестянського лісництва, кв. 25, виділ 54 та на території Партизанського лісництва, кв. 26, виділ 3, пробна площа.

Ділянка № 1. Берестянське лісництво кв. 25, виділ 54. Тип лісорослинних умов – свіжий субір (В2), тип лісу – свіжий сосново-дубовий субір (В2ДС). Підлісок сформований *Corylus avellana* L. Підріст складається з *Carpinus betulus* L., *Quercus robur* L. (табл. 1). До складу живого надґрунтового покриву ділянки № 1 входять *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt., *Anemone nemorosa* L., *Convallaria majalis* L., *Vaccinium myrtillus* L. (табл. 1).



Ділянка № 2. Партизанське лісництво 26 кв., виділ 3, пробна площа. Тип лісорослинних умов – вологий сугруд (С3), тип лісу – вологий сосново-грабово-дубовий сугруд (СЗГДС). Підлісок – *Corylus avellana* L. Підріст – *Betula pendula* Roth., *Carpinus betulus* L., *Quercus robur* L.

Трав'яний покрив негустий, проективне покриття 40–50%, розміщений куртинами. Живий надґрунтовий покрив ПП № 2 сформований: *Vinca minor* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All, *Convallaria majalis* L., *Anemone nemorosa* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Vaccinium myrtillus* L.

Метод визначення загального проективного покриття виконували за допомогою сітки Раменського [10]. Обрахунковими одиницями слугували морфологічні особини *P. bifolia*. Визначали чисельність і щільність рослин на ПП. На облікових ділянках підраховували кількість особин кожної вікової групи, кількість квітучих рослин. Для дослідження вікової структури ценопопуляції застосували метод дискретного опису онтогенезу [2].

Таблиця 1

Еколого-ценотична характеристика умов зростання ценопопуляцій *Platanthera bifolia* (L.) Rich. у Ківерцівському НПП «Цуманська пуща»

№ з/п	Місце-знаходження пробної площі	Склад деревостану	Елемент лісу	Середні показники деревостану			Бонітет	Група віку	Повнота	ТЛУ
				діаметр, см	висота, м	вік, років				
1	Берестянське лісництво кв. 25, виділ 54	6Сз4Дзв+Гзв	Сзв	26	23	55	ІА	4	0,8	В2ДС
2	Партизанське лісництво 26 кв., виділ 3, пробна площа	8Дзв2Гзв+Сзв+Бп+ВЛч+Ос	ДзГзв	48 26	28 23	180 110	2	7	0,5	СЗГДС

У структурі досліджуваних популяцій виділено п'ять вікових станів: ювенільні (j), іматурні (im), віргінільні (v), генеративні (g1) та зрілі генеративні тимчасово неквітучі рослини (g2). Проростки ведуть підземний спосіб життя, тому їх не враховували з метою

уникнення значного втручання у фітоценози. Сенільні особини також не брали до уваги, оскільки їх важко виявити, тому що після цвітіння частина особин одразу відмирає.

Для інтегральної оцінки вікового стану популяції розрахували індекс відновлення (Коваленко І. М., 2005)

$$I_{\text{відновлення}} = \frac{\sum_{i=1}^{p-v} n_i}{\sum_{i=1}^{p-s} n_i} \times 100. \quad (1)$$

Це співвідношення кількості прегенеративних рослин до кількості генеративних особин [11].

Індекс старіння популяції:

$$I_{\text{старіння}} = \frac{\sum_{i=1}^{g_1-g_2} n_i}{\sum_{i=1}^{p-s} n_i} \times 100, \quad (2)$$

як відношення генеративних рослин до загальної кількості особин усіх вікових станів [5].

Індекс загальної віковості популяції:

$$I_{\text{віковості}} = \frac{I_{\text{стар.}}}{I_{\text{віднов.}}} \quad (3)$$

Аналіз біоморфологічної структури проведено за класифікацією біологічних типів К. Раункієра та І. Г. Серебрякова. Назви рослин наведено за С. Л. Мосякіним та М. М. Федорончуком [18].

*P. bifolia* – геофіт, трав'янистий полікарпічний багаторічник 20–60 см заввишки. Бульби овальні. Стебло високе, струнке, листків 4–6, нижні 2–3 великі, еліптичні. Суцвіття китицеподібне, негусте, 10–25 см завдовжки. Квітки великі, білі, пахучі. Цвіте у червні-липні, плодоносить у серпні-вересні. Розмножується насінням [8].

Рослина володіє досить великою екологічною амплітудою. За відношенням до світла вона досить вимоглива, віддаючи перевагу добре освітленим місцям, проте може витримувати і незначне затінення. За відношенням до вологості ґрунту є евритопним видом, уникає лише зовсім сухих і застійно-зволожених місць проживання. До реакції ґрунтового середовища також не дуже вимоглива, зустрічається як на кислих, так і на нейтральних ґрунтах.

*P. bifolia* має стебло кореневу бульбу. Багаторічність особини забезпечується повним оновленням всієї рослини за рахунок утворення бульб. Однією з важливих особливостей *Orchidaceae* є їх тісний зв'язок з грибами-мікоризоутворювачами протягом усього життя або його значної частини, яка є облігатним для нормального

розвитку особин у ранньому онтогенезі. Гриби забезпечують рослини як елементами мінерального живлення так і органічною речовиною. *P. bifolia* – сильно мікотрофна рослина. Виявлено високу специфічність цієї орхідеї та її грибного симбіонту (*Rhizoctonia repens*) [2].

Дослідження фітоценозу на ПП № 1 за участю *P. bifolia* виявило 23 види рослин (табл. 2). Загальне проєктивне покриття трав'яного покриву становить 50% і представлене видами з проєктивним покриттям: *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. – 2%, *Majanthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt. – 20%, *Convallaria majalis* L. – 15%, *Galeobdolon luteum* Huds. – 15%, *Anemone nemorosa* L. – 15%, *Platanthera bifolia* (L.) Rich. – 10%, *Polygonatum multiflorum* (L.) All – 5%, *Vaccinium myrtillus* L. – 5%, *Oxalis acetosella* L. – 5%, *Galium odoratum* (L.) Scop. – 5%, + *Aegopodium podagraria* L., + *Campanula persicifolia* L., + *C. patula* L., + *Silene nutans* L., + (*Pilosella piloselloides* (Vill.) Sojak, + ***Trifolium repens*** L. Моховий ярус майже відсутній і становить близько 1% від загальної площі ділянки.

На ПП № 1 *P. bifolia* формує стійку асоціацію з *Majanthemum bifolium*, *Galeobdolon luteum* та *Convallaria majalis*.

На ПП № 2 популяція *P. bifolia* зростає у фітоценозі, який нараховує 17 видів рослин (табл. 2).

Загальне проєктивне покриття трав'яного покриву становить 90% і представлене видами з проєктивним покриттям: *Vinca minor* L. – 50%, *Galium odoratum* (L.) Scop. – 20%, *P. bifolia* – 15%, *Galeobdolon luteum* Huds. – 15%, *Anemone nemorosa* L. – 10%, *Vaccinium myrtillus* L. – 15%, *Polygonatum multiflorum* (L.) All – 5%, *Convallaria majalis* L. – 5%, *Oxalis acetosella* L. – 5%, *Majanthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt. – 2%, + *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, + *Equisetum sylvaticum* L., + *Asarum europaeum* L. Моховий ярус відсутній. На ПП № 2 стійка асоціація сформована за участю *P. bifolia*, *Vinca minor* L., *Galium odoratum* (L.) Scop. та *Galeobdolon luteum* Huds.

Таблиця 2

Видовий склад фітоценозів за участю *P. bifolia* у  
Ківерцівському НПП «Цуманська пуща»

№ з/п	Вид	ПП № 1 (В2ДС)	ПП № 2 (С3ГДС)
1	<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	+	
2	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	+	+
3	<i>Equisetum sylvaticum</i> L.		+
4	<i>Pinus sylvestris</i> L.	+	

продовження табл. 2

5	<i>Acer platanoides</i> L.		+
6	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	+	
7	<i>Vinca minor</i> L.		+
8	<i>Asarum europaeum</i> L.		+
9	<i>Pilosella piloselloides</i> (Vill.) Sojak	+	
10	<i>Betula pendula</i> Roth.	+	+
11	<i>Campanula persicifolia</i> L.	+	
12	<i>Campanula patula</i> L.	+	
13	<i>Silene nutans</i> L.	+	
14	<i>Corylus avellana</i> L.	+	+
15	<i>Carpinus betulus</i> L.	+	+
16	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	+	+
17	<b>Trifolium</b> <i>repens</i> L.	+	
18	<i>Quercus robur</i> L.	+	+
19	<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	+	
20	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	+	+
21	<i>Oxalis acetosella</i> L.	+	+
22	<i>Anemone nemorosa</i> L.	+	+
23	<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.	+	+
24	<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt.	+	+
25	<i>Convallaria majalis</i> L.	+	+
26	<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All ( <i>P. officinale</i> All.)	+	+
27	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	+	+
	<b>Разом:</b>	<b>23</b>	<b>17</b>

В ході онтоморфогенезу *P. bifolia* проходять всі фази розвитку від насінини до генеративної рослини. За тривалістю життєвого циклу вид належить до рослин з тривалим життєвим циклом – 27 років, прегенеративний період триває 6–7 років.

В умовах Ківерцівського НПП великий життєвий цикл (онтоморфогенез) *P. bifolia* виділено 2 вікових періоди (прегенеративний та генеративний) та 5 вікових станів: j – ювенільні, ім – іматурні, v – віргінільні, g1 – генеративна квітуча рослина, g2 – генеративна тимчасово неквітуча рослина (рис. 1).

Для Зозулинцевих характерна перерва у цвітінні, тобто перехід генеративних особин до стану за зовнішніми ознаками подібного до

віргінільних. Проте за морфологічними ознаками віргінільні особини відрізняються від генеративних тим, що мають 2 зелених листки – нижній продовгувато-яйцеподібний, а верхній широколанцетний. Генеративні ж особини мають 2 листки з широкою пластинкою. Тому ми виділили окрему групу (g2) – генеративні тимчасово неквітучі рослини. Для цього виду характерне групове розміщення особин, оскільки у скупченнях забезпечуються оптимальні умови для проростання насіння у зв'язку з характером розміщення мікоризи грибів [7].

Популяція *P. bifolia* у Берестянському лісництві в умовах свіжого сосново-дубового бору (В2ДС) зростає на ділянці лісу завширшки 25 м і завдовжки близько 40 м. Щільність особин становить 0,12 м<sup>2</sup>.



j



im



v



g1



g2

Рис. 1. Вікові стани *P. bifolia*: j – ювенільні; ім – іматурні; v – віргінільні;  
g1 – генеративні квітучі рослини; g2 – генеративні тимчасово неквітучі  
рослини

Станом на 2022 р. популяція нараховувала 121 особину, з великою часткою ювенільних особин – 56,2%, що може вказувати на сприятливі ґрунтові умови для насіннєвого поновлення. Невелика частка (2,48%) зрілих тимчасово неквітучих (g2) рослин засвідчує про сприятливі умови для росту, розвитку та плодоношення любки дволистої на ПП № 1 (табл. 3).

За характером розподілу вікових груп та чисельністю у них особин популяція оцінюється як неповночленна, молода та інвазійна [4].

В умовах свіжого бору ценопопуляція характеризується лівостороннім віковим спектром (табл. 3, рис. 2) з піком ювенільних особин, індекс відновлення становить 166%.



Таблиця 3

 Вікова структура популяції *P. bifolia* у Ківерцівському НПП  
«Цуманська пуща»

№ з/п	Віковий стан										Разом		Індекс відновлення	Індекс старіння	Індекс віковості
	j		im		v		g1		g2						
	особ.	%	особ.	%	особ.	%	особ.	%	особ.	%	особ.	%			
№1	68	56,2	16	13,22	4	3,31	30	24,79	3	2,48	121	100	166	27,27	0,16
№2	39	24,53	53	33,33	14	8,81	37	23,27	16	10,06	159	100	200	33,33	0,17

Ценопопуляція *P. bifolia* у Партизанському лісництві, 26 кв., виділ 3, на закладеній пробній площі в умовах вологого сосново-грабово-дубового сугруду (СЗГДС) нараховувала 159 особин зі щільністю 0,16 м<sup>2</sup> (табл. 3).

На відміну від ПП № 1 тут значна частка іматурних рослин (33,33%). Висока частка зрілих тимчасово неkvітуючих (g2) рослин (10,06%) вказує, що минулий рік був для цієї популяції несприятливим і рослини вимушено перешли у стан спокою.


 Рис. 2. Вікова структура *P. bifolia* у Берестянському лісництві, кв. 25, виділ 54

Подібно умовам свіжого бору, ценопопуляція в умовах вологого сосново-грабово-дубового сугруду характеризується теж лівостороннім віковим спектром (рис. 3) з піком іматурних рослин. Популяція оцінюється як неповночленна (відсутні сенільні рослини), молода та інвазійна. Індекс відновлення для ценопопуляцій у цьому типі лісорослинних умов становить 200%.

Інтегральна оцінка онтогенетичної структури за індексом віковості характеризує обидві популяції як молоді (індекс віковості менший за одиницю), інвазійні з переважанням передгенеративних особин (на ділянці № 1 – ювенільних, на № 2 – іматурних). Індекс відновлення популяцій на ПП № 1 становить 166%, ПП № 2 – 200%, індекс старіння – 27,27% та 33,33% відповідно.



Рис. 3. Вікова структура популяції *P. bifolia* у Партизанському лісництві, 26 кв., виділ 3, пробна площа

Таким чином, популяції *P. bifolia* в умовах Ківерцівського НПП «Цуманська пуца» мають сприятливі умови для росту та розвитку. Велика кількість прегенеративних особин вказує на хороші умови для насінневого поновлення.

З метою охорони, збереження, раціонального використання та відтворення раритетного виду флори любки дволистої у Ківерцівському НПП «Цуманська пуца» необхідно:



– продовження інвентаризаційних робіт (заміри площ популяцій; визначенні чисельності, вікової структури, ценотичної характеристики місцезростань тощо) цього виду з ймовірними новими знахідками;

– проводити просвітницьку роботу серед місцевого населення з метою інформування про зростання на території парку рідкісних видів флори та попередження щодо антропогенного їх знищення;

– встановлення інформаційних табличок та щитів у місцях зростання рідкісних видів.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** В онтогенезі *P. bifolia* виділено 2 вікових періоди (прегенеративний та генеративний) та 5 вікових станів (ювенільні, іматурні, віргінільні, генеративні квітучі рослини, генеративні тимчасово неквітучі рослини). Вікові спектри ценопопуляцій на період спостереження молоді, неповночленні нормального типу, характеризуються лівосторонніми віковими спектрами з максимумом на особинах прегенеративного періоду.

Наявність значної кількості особин прегенеративного стану свідчить про задовільне насіннєве поновлення. На цей час помітного негативного впливу на ценопопуляції виду не виявлено, проте потрібно проводити подальше продовження інвентаризаційних робіт, а також проводити роз'яснювальну роботу щодо недопущення зриву її на букети.

**1.** Біорізноманіття Цуманської пуші та питання його збереження / за заг. ред. Т. Л. Андрієнко та М. Л. Клєстова. Київ : Фітосоціологічний центр, 2004. 136 с. **2.** Вахрамеева М. Г., Денисова Л. В. Некоторые особенности биологии и динамика численности ценопопуляций *Platanthera bifolia* Rich., *P. chlorantha* Reich. *Охрана и культивирование орхидей*. Киев : Наукова думка, 1983. С. 35–38. **3.** Дмитраш І. І., Шумська Н. В. Динаміка демографічних показників популяцій деяких видів родини *Orchidaceae* у Галицькому національному природному парку. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Сер. Біологія*. 2014. Вип. 20. № 1100. С. 265–271. **4.** Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы : Университетская книга, 2013. 439 с. **5.** Коваленко І. М. Структура популяцій домінантів трав'яно-чагарникового ярусу в лісових фітоценозах Деснянсько-Старогутського національного природного парку. І. Онтогенетична структура. *Український ботанічний журнал*. 2005. № 5. Т. 62. С. 707–714. **6.** Конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і

флори, що перебувають під загрозою зникнення. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_129#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_129#Text) (дата звернення: 05.05.2024). **7.** Любинець І. П., Хомин І. Г., Ференц Н. М., Лисак Г. А. Стан ценопопуляцій *Platanthera bifolia* (L.) Rich. на території Українського Розточчя. *Науковий вісник НЛТУУ*. 2016. Вип. 26.3. С. 123–130. **8.** Мельник В. І. Редкие виды флоры равнинных лесов Украины. Киев : Фитосоциоцентр, 2000. 212 с. **9.** Мельник В. І., Баранський О. Р., Харчишин В. Т., Хом'як В. І., Корнійчук В. С., Тітова О. Т. Флористичні знахідки на Житомирському Поліссі. *Інтродукція рослин*. 2009. № 2. С. 3–8. **10.** Мінарченко В. М., Мінарченко О. М. Методика обліку рослинних ресурсів. Київ : Вірлен, 2004. 40 с. **11.** Пилипів Ю., Кияк В. Природні й антропогенні загрози існуванню популяцій видів родини орхідних (Orchidaceae Juss.) у басейні Полтви (Львівська область). *Вісник ХНАУ. Сер. Біологія*. 2021. № 3(54). С. 82–97. **12.** Природно-заповідний фонд України: території та об'єкти загальнодержавного значення. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2009. 331 с. **13.** Раритетний фітогенофонд західних регіонів України (созологічна оцінка й наукові засади охорони) / С. М. Стойко, П. Т. Яценко, О. О. Кагало та ін. Львів : Ліга-Прес, 2004. 232 с. **14.** Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с. **15.** Brzosko E. The dynamics of island populations of *Platanthera bifolia* in the Biebrza National Park (NE Poland). *Finnish Zoological and Botanical Publishing Board*. 2003. Vol. 40. P. 243–253. **16.** Le Roux J. J., Hui C., Castillo M. L., Iriondo J. M., Keet J. H., Khapugin A. A., Medail F., Rejmanek M., Theron G., Yannelli F. A., Hirsch H. Recent Anthropogenic Plant Extinctions Differ in Biodiversity Hotspots and Coldspots. *Current Biology*. 2019. Vol. 29(17). P. 2912–2918. **17.** Luminita D., Ion N., Niculescu M. Physiological features of the terrestrial orchids *Cephalanthera longifolia* and *Platanthera bifolia* that grow in the pedo-climatic conditions from Oltenia region of Romania. *Annals of the University of Craiova-Agriculture. Montanology, Cadastre*. 2020. Vol. 49(2). P. 55–62. **18.** Mosyakin S., Fedoronchuk M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev, 1999. 345 p. **19.** Rankou H. *Platanthera bifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2011. **20.** Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn : IPBES secretariat, 2019. 56 p.

## REFERENCES:

**1.** Bioriznomanittia Tsumanskoi pushchi ta pytannia yoho zberezhennia / za zah. red. T. L. Andriienko ta M. L. Kliestova. Kyiv : Fitosotsiolohichniy tsentr, 2004. 136 s. **2.** Vakhrameeva M. H., Denysova L. V. Nekotorye osobennosti byolohyy u dynamyka chyslennosti tsenopopuliatsyi *Platanthera bifolia* Rich.,

P. shlorantha Reich. *Okhrana y kultyvyrovanye orkhydei*. Kyev : Naukova dumka, 1983. S. 35–38. **3.** Dmytrash I. I., Shumska N. V. Dynamika demografichnykh pokaznykiv populiatsii deiakyykh vydiv rodyny Orchidaceae u Halytskomu natsionalnomu pryrodnomu parku. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Ser. Biolohiia*. 2014. Vyp. 20. № 1100. S. 265–271. **4.** Zlobyn Yu. A., Skliar V. H., Klymenko A. A. Populiatsyy redkykh vydov rastenyi: teoretycheskie osnovy i metodyka yzuchenyia. Sumy : Unyversytetskaia knyha, 2013. 439 s. **5.** Kovalenko I. M. Struktura populiatsii dominantiv traviano-chaharnykovoho yarusu v lisovykh fitotsenozakh Desniansko-Starohutskoho natsionalnoho pryrodnoho parku. I. Ontohenetychna struktura. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*. 2005. № 5. T. 62. S. 707–714. **6.** Konventsiiia pro mizhnarodnu torhivliu vydamy dykoi fauny i flory, shcho perebuvaiut pid zahrozoiu znyknennia. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_129#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_129#Text) (data zvernennia: 05.05.2024). **7.** Liubynets I. P., Khomyn I. H., Ferents N. M., Lysak H. A. Stan tsenopopuliatsii *Platanthera bifolia* (L.) Rich. na terytorii Ukrainskoho Roztochchia. *Naukovyi visnyk NLTUU*. 2016. Vyp. 26.3. S. 123–130. **8.** Melnyk V. Y. Redkye vydy flory ravninnykh lesov Ukrainy. Kyev : Fytosotsyotsentr, 2000. 212 s. **9.** Melnyk V. I., Baranskyi O. R., Kharchyshyn V. T., Khomiak V. I., Korniiichuk V. S., Titova O. T. Florystychni znakhidky na Zhytomyrskomu Polissi. *Introduktsiia roslyn*. 2009. № 2. S. 3–8. **10.** Minarchenko V. M., Minarchenko O. M. Metodyka obliku roslynnykh resursiv. Kyiv : Virlen, 2004. 40 s. **11.** Pylypiv Yu., Kyiak V. Pryrodni y antropohenni zahrozy isnuvanniu populiatsii vydiv rodyny orkhidnykh (Orchidaceae Juss.) u baseini Poltvy (Lvivska oblast). *Visnyk KhNAU. Ser. Biolohiia*. 2021. № 3(54). S. 82–97. **12.** Pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy: terytorii ta obiekty zahalnodержavnoho znachennia. Kyiv : Tsentр ekolohichnoi osvity ta informatsii, 2009. 331 s. **13.** Rarytetnyi fitohenofond zakhidnykh rehioniv Ukrainy (sozolohichna otsinka y naukovi zasady okhorony) / S. M. Stoiko, P. T. Yashchenko, O. O. Kahalo ta in. Lviv : Liha-Pres, 2004. 232 s. **14.** Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit / za red. Ya. P. Didukha. Kyiv : Hlobalkonsaltnykh, 2009. 900 s. **15.** Brzosko E. The dynamics of island populations of *Platanthera bifolia* in the Biebrza National Park (NE Poland). *Finnish Zoological and Botanical Publishing Board*. 2003. Vol. 40. P. 243–253. **16.** Le Roux J. J., Hui C., Castillo M. L., Iriundo J. M., Keet J. H., Khapugin A. A., Medail F., Rejmanek M., Theron G., Yannelli F. A., Hirsch H. Recent Anthropogenic Plant Extinctions Differ in Biodiversity Hotspots and Coldspots. *Current Biology*. 2019. Vol. 29(17). P. 2912–2918. **17.** Luminita D., Ion N., Niculescu M. Physiological features of the terrestrial orchids *Cephalanthera longifolia* and *Platanthera bifolia* that grow in the pedo-climatic conditions from Oltenia region of Romania. *Annals of the University of Craiova-Agriculture. Montanology, Cadastre*. 2020. Vol. 49(2). P. 55–62. **18.** Mosyakin S., Fedoronchuk M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev, 1999. 345 p.

19. Rankou H. *Platanthera bifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2011. 20. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn : IPBES secretariat, 2019. 56 p.

---

**Muzychenko O. S., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Boiaryn M. V., Candidate of Geographical Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk), Budnik Z. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)**

### **STATE OF PLATANTERA BIFOLIA (L.) RICH. CENOPOPULATIONS ON THE TERRITORY OF KIVERTSI NATIONAL NATURE PARK «TSUMANSKA PUSHCHA»**

The article presents the results of the study of the ecological-coenotic features and the structure of the cenopulations of *Platanthera bifolia* (L.) Rich. on the territory of the Kivertsi National Nature Park «Tsumanska Pushcha» – a species listed in the Red Book of Ukraine in the status of «unassessed». The floristic composition of phytocenoses with the participation of *P. bifolia* in the national park includes: 23 species in trial area No. 1, 17 plant species in trial area No. 2; In park conditions, *P. bifolia* is characterized by an incomplete type of ontogenesis: two periods (pregenerative and generative) and 5 age states (juvenile, immature, virginile, generative flowering plants, generative temporarily non-flowering plants) are described. It was established that cenopulations are immature, of a normal type, characterized by bimodal, left-sided age spectra with a maximum in individuals of the pregenerative period. The research was conducted during the growing season of 2021–2023. *P. bifolia* (L.) was studied on the territory of the Kivertsi National Nature Park «Tsumanska Pushcha» "Tsumanska Pushcha" of the Berestyan Forestry, quarter 25, section 54 and on the territory of Partizan Forestry, quarter 26, section 3, trial area. During the research period, no seedlings of *P. bifolia* were found, although there are juvenile individuals, and there are no senile individuals. 121 individuals grow on trial area No. 1

**under conditions of fresh subors, the density is 0.12 m<sup>2</sup>, on trial area No. 2 under conditions of wet sugruds, 159 individuals with a density of 0.16 m<sup>2</sup> are described. According to the determined age index, both populations are young. Thus, populations of *P. bifolia* in the conditions of the Kivertsi National Nature Park «Tsumanska Pushcha» have favorable conditions for growth and development. There are large number of pregenerative individuals indicates good conditions for seed renewal. The presence of a significant number of individuals in the pregenerative state indicates satisfactory seed regeneration.**

***Keywords:* coenopopulation; *Platanthera bifolia*; ontogenetic structure; National Nature Park «Tsumanska Pushcha».**

**Олійник О. О., к.с.-г.н., доцент, Крайна М. А., здобувач третього рівня вищої освіти** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.o.oleinik@nuwm.edu.ua, m.a.kraina@nuwm.edu.ua), **Ласло О. О., к.с.-г.н., доцент** (Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, oksana.laslo@pdaa.edu.ua)

### **ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНАЦІЙ ГЕРБІЦИДІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ**

Проблема захисту посівів пшениці озимої від забур'яненості є актуальною у сільськогосподарському виробництві, зокрема і у поліській зоні. Кожна система господарювання в силу різних обставин потребує постійного удосконалення та апробацій нових продуктів задля досягнення найкращого результату. Враховуючи великий відсоток посівів саме пшениці озимої на території Західного Полісся, а також зважаючи на вагомий вплив ступеня забур'яненості поля на подальше формування врожаю культури, було досліджено три різні системи гербіцидного захисту на полях господарства Рівненського району.

Завданням досліджень було встановити особливості формування врожаю пшениці озимої при застосуванні гербіцидів у одну із критичних фаз розвитку культури на території Західного Полісся. Дослід було закладено на території господарства, поля якого розташовані у східній частині Рівненщини. Переважаючим типом ґрунту господарства є дерново-підзолисті супіщані ґрунти. Дослідження проводилось упродовж 2021–2022 років.

У результаті проведених досліджень було вивчено вплив застосування 3-х різних гербіцидних поєднань, де один із трьох варіантів дослідів слугував господарським контролем. Отже, було застосовано 3 типи багатокомпонентних гербіцидів, де спільною діючою речовиною для всіх препаратів був флорасулам. За результатами проведеного нами дослідження встановлено, що застосування гербіцидів на посівах пшениці озимої, у період фази переходу культури від формування вегетативної маси рослини до

формування колоса, безпосередньо має певний вплив на якісні та кількісні показники культури. На варіанті, де діючими речовинами, окрім флорасуламу, були амінопіралід та 2,4 Д, попри нижчі показники маси 1000 зерен та маси зерен з 1 рослини, було отримано найкращі показники по вмісту білка, крохмалю, а також рівню врожайності пшениці озимої. На варіанті із гербіцидом № 2, до складу якого входили діючі речовини групи фенілпіразоліни, зафіксовано найнижчий показник урожайності. Щодо варіанту із гербіцидом № 1, а саме господарського контролю, отримано найнижчі показники по усіх зафіксованих значеннях, що стосувались культури та зерна зокрема; рівень урожайності – середній.

Отримані результати свідчать про значні переваги раціонального застосування гербіцидів у практиці сільськогосподарського виробництва, що сприяє збільшенню врожайності та поліпшенню якості продукції пшениці озимої.

*Ключові слова:* якісні показники зерна; продуктивність; пшениця озима; комбінації діючих речовин; гербіциди.

**Постановка проблеми.** Важливим чинником стабілізації сільського господарства і значним резервом збільшення врожаїв зернових культур є раціональний всебічно обґрунтований захист посівів від шкідливих організмів [1, С. 272]. Ця проблематика належить до актуальних та важливих аспектів сучасного сільськогосподарського виробництва, особливо в контексті збільшення врожайності та забезпечення продовольчої безпеки. Проблема, поставлена у статті, полягає в необхідності оцінити та з'ясувати вплив застосування різних типів гербіцидів на урожайність та якість продукції пшениці озимої. Було висунуто гіпотезу про те, що застосування певних гербіцидів може мати як позитивний, так і негативний вплив на показники врожаю залежно від фази внесення засобу та поєднання різних діючих речовин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Озима пшениця є однією з провідних зернових культур в Україні, що займає 40% посівних площ зернових [2, С. 344]. Озима пшениця є найбільш цінною та врожайною зерновою культурою. Її зерно містить велику кількість клейковинних білків та інших цінних речовин, тому широко використовується у продовольчих цілях: у хлібопеченні,

кондитерській промисловості, для виробництва круп, макаронних виробів [3, С. 8]. Також нетоварну частину культури використовують і на корм тваринам, і у паперовій та будівельній промисловості, для виготовлення підстилки чи компостів.

Озима пшениця більш посухостійка ніж ярі зернові культури за рахунок раннього формування зерна та кращого використання осінньо-весняних опадів. Однак при сухій весні, можливий дефіцит вологи, який припадає на стадії від виходу в трубку до викалошування, тобто на період інтенсивного зростання. Від початку весняного відростання до викалошування рослини пшениці споживають 70% усієї води, що витрачається за вегетацію, від цвітіння до воскової стиглості – 20% [4, С. 12]. Цей факт ще раз підтверджує, що захист пшениці озимої від забур'янення у період інтенсивного зростання може зіграти колосальну роль у поглинанні вологи культурою.

Бур'яни були, є і будуть проблемою за будь-якої системи землеробства. Бур'яни постійно наносять шкоду. Вони поглинають вологу, використовують поживні речовини, ускладнюють проведення польових робіт, погіршують якість зерна [5, С. 110]. Бездумне застосування заходів контролювання бур'янів дорого обходиться як з фінансової, так і з екологічної точки зору [6, С. 4]. На сьогодні середньорічні світові втрати зернових колосових культур від бур'янів складають 21–24% [7, С. 271]. Важливе місце в системі догляду за посівами займає боротьба з бур'янами [8, С. 74].

На думку Л.А. Матюхи та ін. [3, С. 13], важливим фактором скорочення енергетичних ресурсів і зниження негативного впливу ходових частин і робочих органів сільськогосподарських машин на ґрунт є застосування хімічних засобів боротьби з бур'янами – гербіцидів. Внесення гербіцидів дозволяє відмовитися від ряду технологічних засобів із системи основного обробітку ґрунту й догляду за посівами. Закордонний досвід передбачає знищення бур'янів, в основному, за допомогою внесення гербіцидів різноманітного спектру фітотоксичної дії й способів застосування [3, С. 15].

Надзвичайно важливим фактором є не лише підбір гербіциду, але й також вибір періоду застосування препарату, залежно від фази розвитку культури. Період розвитку пшениці у фазі ВВСН 30 (міжнародна шкала фенологічних фаз) – початок подовження стебла: псевдостебло і пагони кущення спрямовані догори, перше



міжвузля починає подовжуватися, верх суцвіття щонайменше на 1 см вищий за вузол кущення [9]. У період даної фази росту та розвитку, рослина переходить в фазу, коли колосок починає формувати квіткові органи. У цей період активно розвивається зерновий пухирець, який з часом перетвориться на зерно. Це важлива фаза для формування майбутнього врожаю, оскільки від кількості та якості квіткових органів залежить потенційна кількість зерна на кожному колосі. У цей період також відбувається запилення, коли пилок переноситься з тичинок на маточку, що є необхідною умовою для утворення насіння. Таким чином, ВВСН 30 є критичним моментом у формуванні майбутнього врожаю пшениці.

Враховуючи ці особливості розвитку культури було проведено заходи із захисту посівів від забур'яненості і зафіксовано вплив внесення гербіцидів на подальший розвиток культури та якість врожаю.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження було встановлення впливу гербіцидної дії на рівень та якість врожаю пшениці озимої.

Дослід було закладено в посівах пшениці озимої на полях господарства ТОВ «Захід Агропром» Рівненської області, Рівненського району на дерново-середньопідзолистих супіщаних ґрунтах. Дослід тривав протягом сезонів 2021–2022 років. У ході закладання схеми досліді було використано три багатокomпонентних гербіциди із різним поєднанням діючих речовин, які вносили у фазі культури ВВСН 30 (таблиця).

Таблиця

Схема досліді

Варіант	Діюча речовина	Доза внесення, кг(л)/га
Гербіцид 1 (фоновий контроль)	Флорасулам 75 г/л Флуметсулам 100 г/л	0,06
Гербіцид 2	Флорасулам 5 г/л Піноксаден 45 г/л Клоквінтосент-метилу 11,25 г/л	0,9
Гербіцид 3	Флорасулам 5 г/л Амінопіралід 10 г/л 2,4 Д-180 г/л	0,7

Варто відмітити наявність діючої речовини флорасуламу у кожному із гербіцидів, що в свою чергу була доповнена іншими діючими речовинами. Флорасулам та флуметсулам належать до класу триазолпіримідинів та мають системну дію. Діючі речовини проникають через листя та коріння, в зерно не проникають. Механізм дії полягає в інгібуванні ацетолактатсинтази [10]. Завдяки такій комбінації діючих речовин у першому гербіциді, ми маємо широке коло його застосування, а саме від кущіння і до появи прапорцевого листка. Піноксаден є системним гербіцидом класу фенілпіразоли, що застосовується лише у поєднанні із антидотом – клоквінтосент-метилом. Щодо амінопіраліду, то він володіє системним ауксиноподібним ефектом і широким спектром дії. Також амінопіралід має ґрунтову активність проти бур'янів протягом чотирьох тижнів. 2,4-Д-селективний гербіцид. Ця діюча речовина порушує біосинтез структурних і ферментних білків, які призводять до розладу метаболізму рослинного організму. Проникає в рослину через надземні частини (в основному через листя) і активно пересувається по рослині, накопичуючись в молодих меристемних тканинах листя, стебла і коріння [10].

**Результати досліджень.** У ході досліджень було проведено фенологічні спостереження та обліки якісних та кількісних показників зерна пшениці озимої. Обраховано масу зерен із однієї рослини та кількість зерен у колосі. Результат: щодо кількості зерен в колосі, показники на варіантах досліду були дещо вищими порівняно із варіантом 1 (що виступав контролем із результатом 25 шт.) і становили 42 шт. та 28 шт. відповідно. Щодо показника маси зерен із однієї рослини, то зафіксували дещо протилежну ситуацію. На контролі показник становив 2,4 г, тоді як на варіантах отримали наступний результат: +20,8% та -16,7% відповідно (рис. 1).



Рис. 1. Демонстрація кількісних показників зерна пшениці озимої

Як видно з наведених даних, гербіциди, що застосовувались, не мали значного негативного впливу на агрономічні характеристики культури, проте негативний вплив на якісний показник спостерігали на варіанті із гербіцидом № 3, де відмінною діючою речовиною від інших є 2,4 Д.

Також робили облік зразків зерна, яке було відібране безпосередньо при комбайнуванні, результати якого наведені на рис. 2.

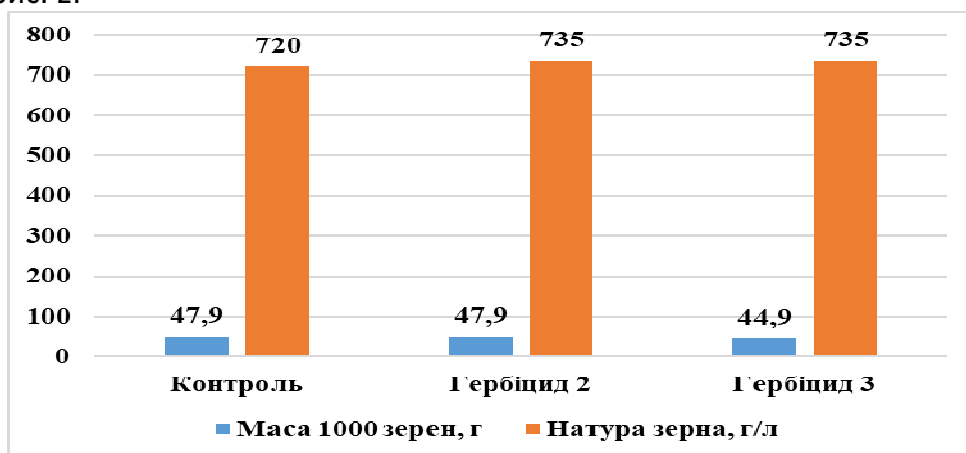


Рис. 2. Результати кількісного аналізу зерна пшениці озимої

Аналізуючи визначальні для пшениці озимої якісні показники зерна, зокрема масу 1000 зерен та натуру зерна, можна зробити висновок, що значних коливань показників не спостерігали. Усі

коливання були зафіксовані у межах можливої похибки (за винятком зниження показника маси 1000 зерен на 6,3% на варіанті із гербіцидним захистом № 3). Такий результат свідчить про те, що гербіциди подіяли на бур'яни і не мали фітотоксичної післядії на культуру, що в свою чергу, зберегло поживні речовини та вологу для поглинання саме посівами пшениці.

Облік отриманої врожайності культури наведено на рисунку 3. Саме на третьому варіанті відмічаємо найвищий рівень врожайності, а саме 6,32 т/га, що на 0,33 та 1,25 т/га більше відповідно до варіантів № 1 та № 2.

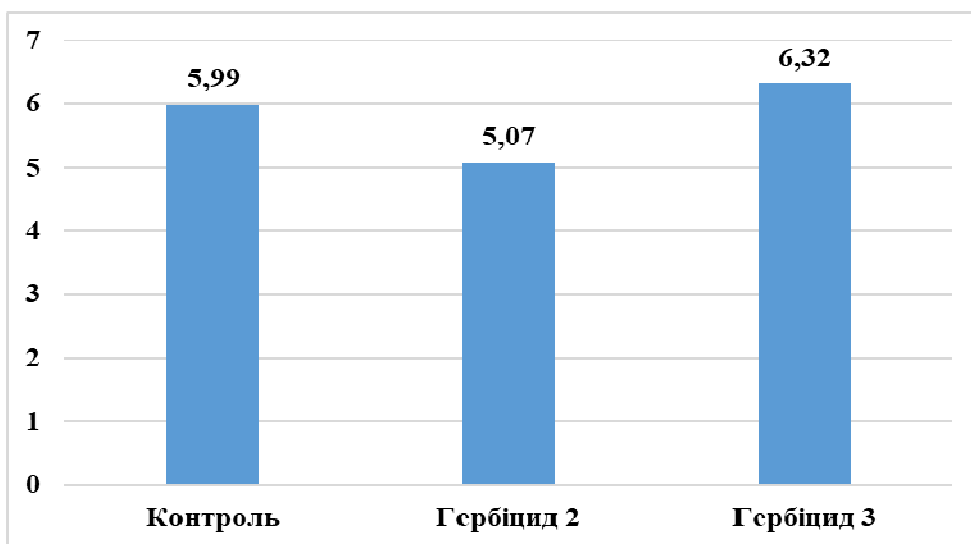


Рис. 3. Врожайність пшениці озимої при вологості 14%, т/га, ( $HP_{0,5}=0,24\%$ )

Найбільш відмінні результати спостерігали при визначенні вмісту білка та крохмалю. Вміст білка варіювався у межах 8,7–11,2%, де найвищий показник зафіксували на варіанті № 3. Таку ж градацію спостерігали і по кількості вмісту крохмалю (рис. 4). Враховуючи потенційні якості обраного сорту пшениці озимої (а саме сорту Кубус), де вміст білка позиціонується у межах 11,0–11,5%, відзначаємо значне зниження його вмісту на варіанті 1 та 2.

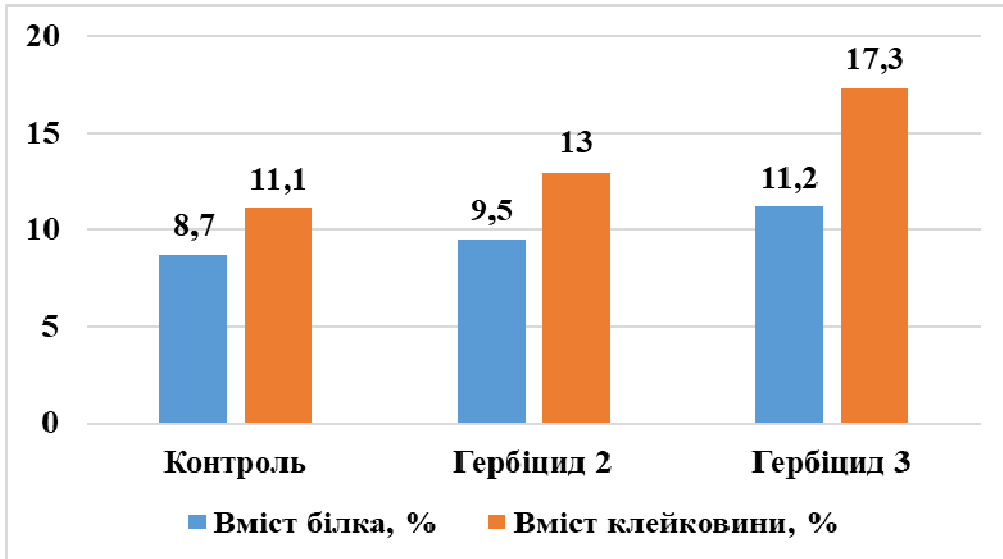


Рис. 4. Вміст білка та крохмалю у зерні пшениці озимої, %

За результатами проведеного нами дослідження встановлено, що застосування гербіцидів на посівах пшениці озимої, у період фази переходу культури від формування вегетативної маси рослини до формування колоса, безпосередньо має певний вплив на якісні та кількісні показники культури. На варіанті, де діючими речовинами були амінопіралід, флорасулам та 2,4 Д, попри нижчі показники маси 1000 зерен та маси зерен з 1 рослини, було отримано найкращі показники по вмісту білка, крохмалю, а також рівню врожайності пшениці озимої. На варіанті із гербіцидом № 2, до складу якого входили діючі речовини не лише групи триазолпіримідинів, але і фенілпіразоліни, визначено посередні значення агрономічних характеристик, а також найнижчий показник урожайності. Отриманий результат може бути наслідком застосування гербіциду наприкінці рекомендованого періоду застосування препарату, тобто у специфічний для культури період (період закладання врожаю). Щодо варіанту із гербіцидом № 1 –отримано найнижчі показники за всіма зафіксованими значеннями, що стосувались культури та зерна зокрема; рівень врожайності був середнім, у порівнянні з рештою варіантів.

Обрахувавши економічну складову результатів досліджу, де 1 т зерна у середньому має вартість 7900 грн; ціна гербіцидів (які були застосовані та ціна яких була перерахована як вартість гривень на

гектар) становила 383, 1414 та 676 грн/га відповідно (станом на квітень 2024 р.), було встановлено доцільність використання саме гербіциду № 3. Варто зазначити, що оскільки приріст врожаю щодо контрольного варіанту становив 1,25 т/га, а прибуток становив на 2607 грн більше. У якості рекомендацій, по застосуванню гербіцидного захисту на посівах пшениці озимої в умовах Західного Полісся на дерново-підзолистих ґрунтах, враховуючи всі наведені показники, пропонуємо застосовувати гербіцид № 3 (флорасулам + амінопіралід + 2,4 Д) у нормі 0,7 л/га.

1. Сторчоус І., Шевчук О. Гербіциди на озимій пшениці. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН*. 2003. № 5. С. 271–276. 2. Русинов В. І. Оптимальне поєднання агроприймів у енергозберігаючій та інтенсивній технології вирощування пшениці озимої після колосового і зернобобового попередника. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла*. 2007. № 6–7. С. 344–360. 3. Коваленко О. Р. Ефективність застосування страхових гербіцидів при вирощуванні пшениці озимої в умовах Синельниківської селекційно-дослідної станції Інституту зернових культур Дніпропетровської області : *дипломна магістерська робота*. Дніпро, 2022. 53 с. 4. Концепція системи землеробства Харківської області на 2001–2005 рр. / за ред. В. В. Медведєв, В. В. Кириченко, М. Д. Євтушенка та ін. Харків, 2000. 59 с. 5. Яцук К. І., Тимчук І. С. Доцільність застосування хімічних препаратів на озимій пшениці. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник Львів-Оброшино*. 2007. № 49. Ч. 2. С. 110–118. 6. Косолап М. П., Іванюк М. Ф., Примак І. Д., Анісімова А. А., Бабенко А. І. Атлас бур'янів. Київ : НУБіП України, 2021. 125 с. 7. Рослинництво з основами кормовиробництва / Царенко О. М., Троценко В. І. Жатов О. Г., Жатова Г. О. Суми, 2015. 384 с. 8. URL: <https://superagronom.com/cards/fazi-rozvitku-zernovih-za-bbch-ta-optimalni-peri-id28835> (дата звернення: 20.04.2024). 9. URL: <https://superagronom.com/substance> (дата звернення: 20.04.2024).

## REFERENCES:

1. Storchous I., Shevchuk O. Herbitydy na ozymii pshenytsi. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu tsukrovyykh buriakiv UAAN*. 2003. № 5. S. 271–276. 2. Rusynov V. I. Optymalne poiednannia ahropriyomiv u enerhozberihaiuchii ta intensyvnyii tekhnolohiiakh vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi pislia kolosovoho i zernobobovoho poperednyka. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Myronivskoho instytutu pshenytsi im. V.M. Remesla*. 2007. № 6–7. S. 344–360. 3. Kovalenko O. R. Efektyvnist zastosuvannia strakhovykh herbitydydiv pry vyroshchuvanni

pshenytsi ozymoi v umovakh Synelnykivskoi selektsiino-doslidnoi stantsii Instytutu zernovykh kultur Dnipropetrovskoi oblasti : diplomna mahisterska robota. Dnipro, 2022. 53 s. **4.** Kontseptsiiia systemy zemlerobstva Kharkivskoi oblasti na 2001–2005 rr. / za red. V. V. Medvediev, V. V. Kyrychenka, M. D. Yevtushenka ta in. Kharkiv, 2000. 59 s. **5.** Yatsukh K. I., Tymchuk I. S. Dotsilnist zastosuvannya khimichnykh preparativ na ozymii pshenytsi. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk Lviv-Obroshyno*. 2007. № 49. Ch. 2. S. 110–118. **6.** Kosolap M. P., Ivaniuk M. F., Prymak I. D., Anisimova A. A., Babenko A. I. Atlas burianiv. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 2021. 125 s. **7.** Roslynnytstvo z osnovamy kormovyrobnytstva / Tsarenko O. M., Trotsenko V. I. Zhatov O. H., Zhatova H. O. Sumy, 2015. 384 s. **8.** URL: <https://superagronom.com/cards/fazi-rozvitku-zernovih-za-bbch-ta-optimalni-peri-id28835> (data zvernennia: 20.04.2024). **9.** URL: <https://superagronom.com/substance> (data zvernennia: 20.04.2024).

---

**Oliinyk O. O., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Kraina M. A., Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Laslo O. O., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Poltava State Agrarian University, Poltava)

## **INFLUENCE OF HERBICIDE COMBINATIONS ON WINTER WHEAT PRODUCTIVITY IN WESTERN POLISSYA**

**The problem of protecting winter wheat crops from weeds is a topical issue in agricultural production, including in the Polissya region. Due to various circumstances, each farming system requires constant improvement and testing of new products to achieve the best results. Given the large percentage of winter wheat crops in Western Polissya, as well as the significant impact of the degree of field weediness on the subsequent crop yield formation, three different herbicide protection systems were investigated on the fields of the Rivne region.**

**The objective of the research was to determine the peculiarities of winter wheat yield formation when using herbicides in one of the critical phases of crop development in Western Polissya. The experiment was set up on the territory of a farm whose fields are located in the eastern part of Rivne region. The predominant soil type on the farm is sod-podzolic sandy loam. The study was conducted in**

## **2021–2022.**

**As a result of the research, the impact of the use of 3 different herbicide combinations was studied, with one of them served as a control. The common active ingredient for all preparations was florasulam. According to the results of our research, it was found that the use of herbicides on winter wheat crops, during the phase of the crop transition from the formation of the plant's vegetative mass to the formation of the yield, directly has a certain impact on the qualitative and quantitative indicators of the crop. In the variant with aminopyralid and 2,4 D as active substances in addition to florasulam, despite the lower weight of 1000 grains and weight of grains per plant, the best results were obtained in terms of protein and starch content, as well as the level of winter wheat yield. The variant with herbicide No. 2, which contained active substances of the phenylpyrazolin group, recorded the lowest yield. As for the variant with control herbicide, namely the were obtained the lowest values for all recorded values related to the crop and grain in particular; the yield level was average.**

**The results obtained indicate significant advantages of the rational use of herbicides in agricultural production practices, which contributes to an increase in yield and improvement of the quality of winter wheat products.**

***Keywords:* quality indicators of grain; productivity; winter wheat; combinations of active substances; herbicides.**



**Паламарчук Р. П.**, в.о. генерального директора, ORCID: 0000-0002-5965-1305, **Грищенко О. М.**, к.с.-г.н., учений секретар, ORCID: 0000-0002-1241-7183, **Жукова Я. Ф.**, к.б.н., завідувач відділу, ORCID: 0000-0002-2755-5431, **Грищенко В. О.**, фахівець I категорії, ORCID: 0009-0003-8550-2033 (Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, grischenkoel@ukr.net), **Вознюк Н. М.**, к.с.-г.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Півне, n.m.voznyuk@nuwm.edu.ua)

### **АГРОХІМІЧНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ ПІДТОПЛЕННЯ ВНАСЛІДОК РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС**

У статті висвітлено вплив тривалого підтоплення земель сільськогосподарського призначення внаслідок руйнування дамби Каховської ГЕС. Наведено результати експериментальних досліджень реакція ґрунтового розчину, вмісту гумусу, рухомих сполук фосфору та калію у десяти пробах ґрунту, пробі мулу та намулу відібраних на території Херсонського та Бериславського районів Херсонської області. Встановлено стан ґрунтового покриву підтоплених земельних ділянок шляхом порівняння отриманих показників до фонових значень на земельних ділянках, які не зазнали негативного впливу та характеризувались тією ж агровиробничою групою ґрунтів.

За результатами проведених досліджень встановлено підкислення ґрунтового розчину у порівнянні з фоновими значеннями на 7 ділянках (від 0,1 до 0,5 од. рН) та підлуження на 3 ділянках (від 0,1 до 1,0 од. рН). Відібраний мул характеризувався середньолужною реакцією (7,8 од. рН), що на 0,7 од. рН вище ніж фоновий показник ділянки, з якої його було відібрано. Проба намулення навпаки мала нижчий показник рН (7,7), у порівнянні з ґрунтом ділянки, з якої його було відібрано (8,0). У порівнянні з фоновими значеннями, вміст гумусу (органічної речовини) у 5 проаналізованих зразках ґрунту зменшився, у 6 – збільшився. Уміст гумусу у зразку мулу був у понад 5,6 разів вищим за його вміст у ґрунті з ділянки, на якій його було відібрано. Уміст азоту за

нітрифікаційною здатність у відібраних зразках варіював від дуже низького (4,7 мг/кг ґрунту) до дуже високого (26,8 мг/кг ґрунту). У порівнянні з фоновим значенням, у 6 проаналізованих зразках ґрунту відмічено зменшення вмісту азоту – від 1,3 до 87 мг/кг ґрунту (–7,8 до –85%), у 5 зразках – збільшення від 4,0 до 17,5 мг/кг ґрунту (від 35 до 188%). Зразок мулу та ґрунт ділянки, на якій його було відібрано, характеризувався підвищеним умістом азоту.

На більшості обстежуваних земельних ділянок виявлено значне збільшення вмісту рухомих сполук фосфору та калію в ґрунті. Відібрані зразки характеризувались дуже високим ступенем забезпеченості рухомими сполуками фосфору (від 67 до 188 мг/кг ґрунту) та калію (від 447 до 2016 мг/кг ґрунту) і лише 1 зразок – підвищеним умістом зазначених показників. У порівнянні з фоновим значенням у 10 проаналізованих зразках ґрунту відмічено збільшення вмісту фосфору – від 6 до 88 г/кг ґрунту (від 1,1 до майже 7 разів), лише в 1 зразку встановлено зменшення вмісту елемента. Уміст рухомих сполук фосфору в зразку намулення (№ 9) був практично на рівні фонового значення ділянки, з якої його було відібрано. Вміст фосфору в мулі у 7 разів перевищував вміст елемента на ділянці до її підтоплення. Також встановлено збільшення вмісту рухомих сполук калію у всіх досліджуваних пробах (від 1,04 до 8,4 разів).

**Ключові слова:** руйнування греблі Каховської ГЕС; ґрунт; мул; намул; реакція ґрунтового розчину; гумус; рухомі сполуки фосфору та калію.

**Постановка проблеми.** Руйнування греблі Каховської ГЕС стало справжньою екологічною та техногенною катастрофою, наслідки якої є особливо катастрофічними для південних областей України. Саме південні регіони історично були основними виробниками плодоовочевої продукції, вирощування яких залежало від зрошувальних систем. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, внаслідок підриву Каховської ГЕС зупинилось водопостачання 31 системи зрошення полів Дніпропетровської, Херсонської та Запорізької областей. У 2021 році ці системи забезпечували зрошення на 584 тис. га [1].

Слід зауважити, що Каховська ГЕС була однією із найбільших гідротехнічних споруд у Європі. Площа Каховського водосховища

2155 кілометрів квадратних, об'ємом води майже 19 кілометрів кубічних [2]. Внаслідок підриву почалося потужне неконтрольоване виливання води з Каховського водосховища з масштабним затопленням як правого, так і значною мірою лівого берега Дніпра. Зона трагедії охоплює щонайменше 5 тис. км<sup>2</sup>, які були затоплені чи осушені [3].

Також, за даними науковців, прорив дамби призвів до змивання верхнього родючого шару ґрунту, виникнення ерозійних процесів та замулення [4]. За прогнозами, опісля відходу води, яка тривалий час стоятиме в пониженнях і мікропониженнях сільськогосподарських угідь, певних змін зазнають і процеси осолонцювання ґрунтів, внаслідок чого відбудеться часткове їх розсолонцювання, а це викличе вимивання солей із ґрунтово-вбирного комплексу та водних розчинів засолених ґрунтів. Така ситуація створить ризики для вирощування культур, які не здатні витримувати надмірні концентрації солей й давати повноцінні урожаї [5]. Також тривале підтоплення може негативно вплинути на агрохімічний та екологіко-токсикологічний стан земель. У зв'язку з цим особливого значення набуває питання вивчення агрохімічного стану підтоплених ґрунтів земель сільськогосподарського призначення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема деградації земель сільськогосподарського призначення внаслідок підтоплення є досить поширеною як в Україні так і у світі. За даними Організації Об'єднаних Націй, площа земель, що втратили родючість внаслідок підтоплення, сягає 2 млрд га, що в 1,5 рази перевищує площу орних земель Європи [6].

За даними науковців, підтоплення земель має значні негативні екологічні наслідки, серед яких зменшення стійкості екосистем та біологічного різноманіття територій, погіршення екологічних умов, якості природних ресурсів та умов ведення сільського господарства на цих територіях [7]. Підтоплення призводить до заболочення земель, змивання верхнього родючого шару ґрунту, трансформації та деградації ґрунтового покриву, відмирання рослин та загнивання рослинних решток. Внаслідок порушення водного режиму ґрунту, відбувається підвищення рівня підземних вод, збільшується засолення та забруднення ґрунтів. Підтоплення викликає забруднення поверхневих і підземних вод, зміну їх хімічного складу, активізує зсувні явища. Внаслідок підтоплення змінюється пористість та коефіцієнт фільтрації ґрунту [7; 8; 9]. Для прикладу, тривале перезволоження ґрунту (підтоплення) призводить до процесів

денітрифікації чи вилуговування (промивання) азоту. Тривале підтоплення чи перезволоження ґрунту найбільше впливає на нітратну форму азоту. Ця форма втрачається внаслідок денітрифікації та вилуговування. Значний вплив на інтенсивність денітрифікації впливає відсутність повітря в ґрунті (при перезволоженому та ущільненому ґрунті) та температура повітря понад 18° С. Для початку інтенсивного процесу денітрифікації на засолених ґрунтах, потрібно від двох до трьох днів. За день втрачається від 3 до 4% азоту. Втрати ґрунту від денітрифікації в добре дренажованих ґрунтах становить від 2 до 25% нітратного азоту, а в погано дренажованих – від 6 до 55%. Тривале затоплення може стати причиною значних втрат азоту. Ще одним шляхом втрат нітратного азоту є його вилуговування (промивання) – міграція розчинених у воді нітратів за межі «зони доступу» кореневої системи. Азот промивається, коли вміст води в ґрунті перевищує максимальну утримувальну здатність ґрунту. Втрати нітратного азоту можуть становити від 30 до 40%. В екстремальних умовах (тривале підтоплення) можлива втрата практично 100% нітратного азоту, що міститься в кореневмісному шарі ґрунту. Амонійна форма азоту є більш стійкою при підтопленні чи перезволоженні ґрунту, проте ця форма азоту за певних умов частково трансформується в ґрунті в нітратну (від 2,5 до 4,5% в день), яка піддається процесам денітрифікації та промивання [10–13].

**Мета і завдання дослідження.** Метою досліджень було визначення агрохімічного стану територій, що зазнали підтоплення внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС.

**Об'єктом досліджень** слугували 10 проб ґрунту та по 1 пробі намулу та мулу відібраних з територій Херсонського та Бериславського районів Херсонської області (табл. 1). Агровиробничі групи ґрунтів досліджуваних ділянок наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Місця відбору проб для досліджень

№ проби	Кадастровий номер	Місце відбору	Примітка
1	6520387300:02:001:0033	с. Ульянівка Дар'ївська ТГ Херсонський р-н	проба ґрунту
2	6520687100:02:001:0259	с. Тягинка Тягинська ТГ Бериславський р-н	проба ґрунту
3	6520382000:04:001:0156	с. Інгулець Дар'ївська ТГ Херсонський р-н	проба ґрунту

продовження табл. 1

4	6520382000:07:008:0005	с. Інгулець Дар'ївська ТГ Херсонський р-н	проба ґрунту
5	6520382000:01:001:0166	с. Інгулець Дар'ївська ТГ Херсонський р-н	проба ґрунту
6	6520387300:03:001:0132	с. Ульянівка Дар'ївська ТГ Херсонський р-н	проба ґрунту
7	6520955700:07:023:0002	с. Зелений Гай Калинівська ТГ Бериславський р-н	проба ґрунту
8	6520980500:08:029:0007	с. Благодатівка Калинівська ТГ Бериславський р-н	проба ґрунту
9	6520980500:08:029:0007	с. Благодатівка Калинівська ТГ Бериславський р-н	проба намулення
10	6520687100:01:014:0021	с. Тягинка Тягинська ТГ Бериславський р-н	проба мулу
11	6520387500:01:156:0018	с. Чорнобаївка Чорнобаївська ТГ Херсонський р-н	проба ґрунту
12	6520980500:08:026:0006	с. Благодатівка Калинівська ТГ Бериславський р-н	проба ґрунту

Таблица 2

Агровиробничі групи ґрунтів на обстежених ділянках

№ з/п	Кадастровий номер ділянки	Шифр та назва агровиробничої групи
1.	6520387300:02:001:0033	–
2.	6520687100:02:001:0259	<b>104д</b> – чорноземи щебенюваті сильнозмиті та дернові слабозвинені ґрунти на елювії щільних карбонатних порід середньосуглинкові
3.	6520382000:04:001:0156	<b>107д</b> – темно-каштанові і слабосолонцюваті середньосуглинкові ґрунти; <b>110д</b> – темно-каштанові слабозмиті середньосуглинкові ґрунти; <b>111д</b> – темно-каштанові середньо- і сильнозмиті середньосуглинкові ґрунти
4.	6520382000:07:008:0005	<b>107д</b> – темно-каштанові і слабосолонцюваті середньосуглинкові ґрунти; <b>110д</b> – темно-каштанові слабозмиті середньосуглинкові ґрунти
5.	6520382000:01:001:0166	–

продовження табл. 2

6.	6520387300:03:001:0132	<b>111д</b> – темно-каштанові середньо- і сильнозмиті середньосуглинкові ґрунти; <b>143</b> – лучно-болотні, мулувато-болотні і торфувато-болотні солончакові неосушені ґрунти; <b>156</b> – болотні ґрунти і торфовища у поєднанні з дерново-підзолистими ґрунтами (10–30 відсотків)
7.	6520955700:07:023:0002	<b>133е</b> – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни важкосуглинкові і легкоглинисті
8.	6520980500:08:029:0007	<b>133е</b> – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни важкосуглинкові і легкоглинисті
9.	6520980500:08:029:0007	<b>133е</b> – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни важкосуглинкові і легкоглинисті
10.	6520687100:01:014:0021	–
11.	6520387500:01:156:0018	–
12.	6520980500:08:026:0006	<b>133е</b> – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни важкосуглинкові і легкоглинисті

Лабораторний аналіз відібраних проб проводили в акредитованій лабораторії (за стандартом ISO/IEC–17025:2017) Дніпропетровської філії ДУ «Держґрунтохорона». Реакцію ґрунтового розчину визначали відповідно до ДСТУ ISO 10390:2007 [14], вміст гумусу (органічної речовини) – ДСТУ 4289:2004 [15], рухомих сполук фосфору та калію – ДСТУ 4115:2002 [16], азоту за нітрифікаційною здатністю – ДСТУ 4729:2007 [17].

Оцінку агрохімічного стану ґрунтів здійснювали відповідно до Методики проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [18]. Встановлення стану земельних ділянок, які зазнали підтоплення внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС, проводили шляхом порівняння отриманих у

результаті досліджень агрохімічних показників до фонових значень на земельних ділянках, які не зазнали негативного впливу та характеризувались тією ж агровиробничою групою ґрунтів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** За результатами проведених досліджень ділянок, які зазнали підтоплення, було встановлено, що 7 з 12 відібраних зразків характеризувались середньолужною реакцією ґрунтового розчину (від 7,7 до 8,0 од. рН), 3 зразки – сильнолужною (8,1 до 8,3 од. рН) по 1 зразку – нейтральною (6,9 од. рН) та слаболужною (7,4 од. рН) (рис. 1).

У порівнянні з фоновими значеннями підкислення ґрунтового розчину встановлено на 7 ділянках – від 0,1 до 0,5 од. рН, підлуження – на 3 від 0,1 до 1,0 од. рН.

Відібраний мул характеризувався середньолужною реакцією (7,8 од. рН), що на 0,7 од. рН вище ніж ґрунтовий розчин ділянки, з якої його було відібрано. Слід зауважити, що при взаємодії з ґрунтом (в тому числі при переорюванні) мул може призвести до його підлуження. Намулення маючи нижчий показник рН навпаки сприятиме розлуженню ґрунту ділянки, з якої його було відібрано.

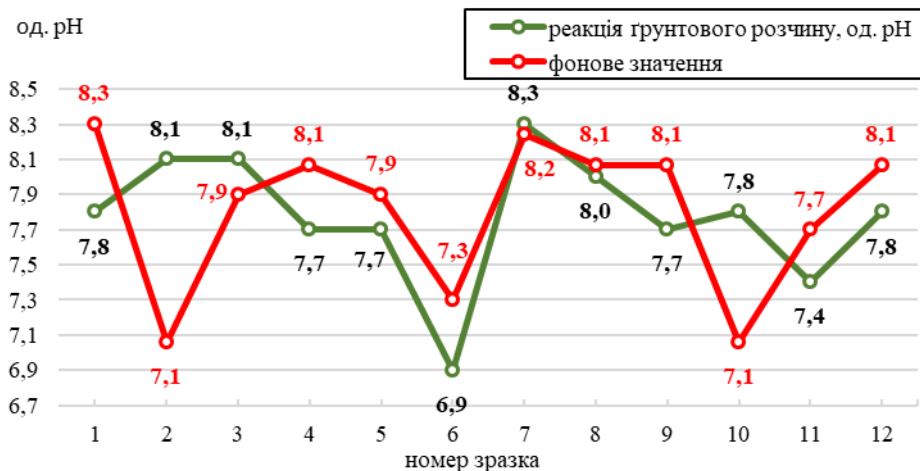


Рис. 1 . Реакція ґрунтового розчину

Уміст гумусу (органічної речовини) у відібраних зразках варіював від низького (1,18%) до дуже високого вмісту (8,01%). У порівнянні з фоновим значенням, у 5 проаналізованих зразках ґрунту встановлено зменшення вмісту гумусу – від 0,52 до 0,95%, у 6 зразках – збільшення вмісту гумусу – від 0,69 до 4,75%. Зразок мулу

характеризувався дуже високим умістом органічних речовин (8,01%) у порівнянні з ґрунтом ділянки, на якій його було відібрано (1,42%).

Збільшення вмісту гумусу в зразках ґрунту відібраних після підтоплення можна пояснити нанесенням високоорганічного мулу, що підтверджується результатами досліджень (рис. 2).

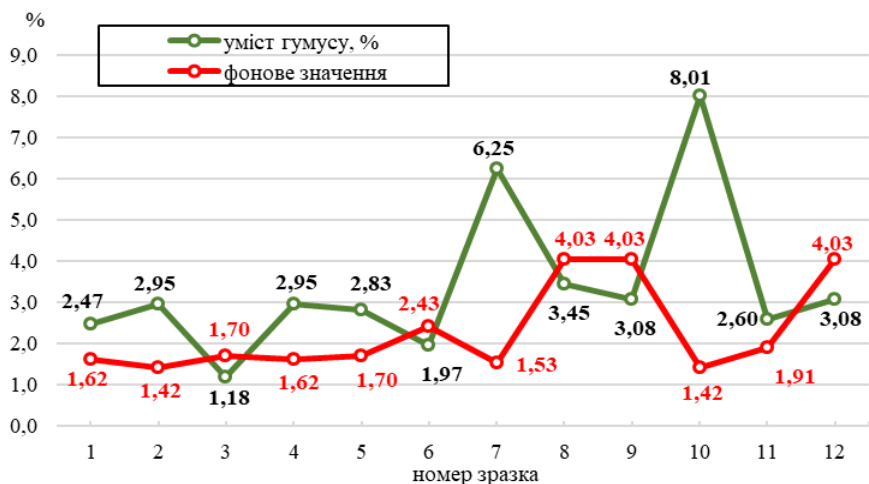


Рис. 2. Уміст гумусу (органічної речовини) в зразках ґрунту

Вміст азоту за нітрифікаційною здатністю у відібраних зразках варював від дуже низького (4,7 мг/кг ґрунту) до дуже високого (26,8 мг/кг ґрунту). У порівнянні з фоновим значенням, у 6 проаналізованих зразках ґрунту відмічено зменшення вмісту азоту – від 1,3 до 87 мг/кг ґрунту (–7,8 до –85%), у 5 зразках – збільшення від 4,0 до 17,5 мг/кг ґрунту (від 35 до 188%). Зразок мулу та ґрунт ділянки, на якій його було відібрано, характеризувався підвищеним умістом азоту (рис. 3).

Зменшення вмісту азоту можна пояснити денітрифікацією або вилуговуванням (промиванням) унаслідок тривалого підтоплення. Збільшення вмісту азоту встановлено на ділянках, де було нанесено значну кількість мулу з дна Каховського водосховища. Також одним з можливих факторів збільшення вмісту азоту може бути наявність водоростей, які досить швидко починають розвиватись на підтоплених територіях. Вони живляться завдяки добривам, що переходять у воду з ґрунту та можуть суттєво збагачувати середовище азотом.

Також на більшості обстежуваних земельних ділянках виявлено значне збільшення вмісту рухомих сполук фосфору та калію в ґрунті



(рис. 4–5).

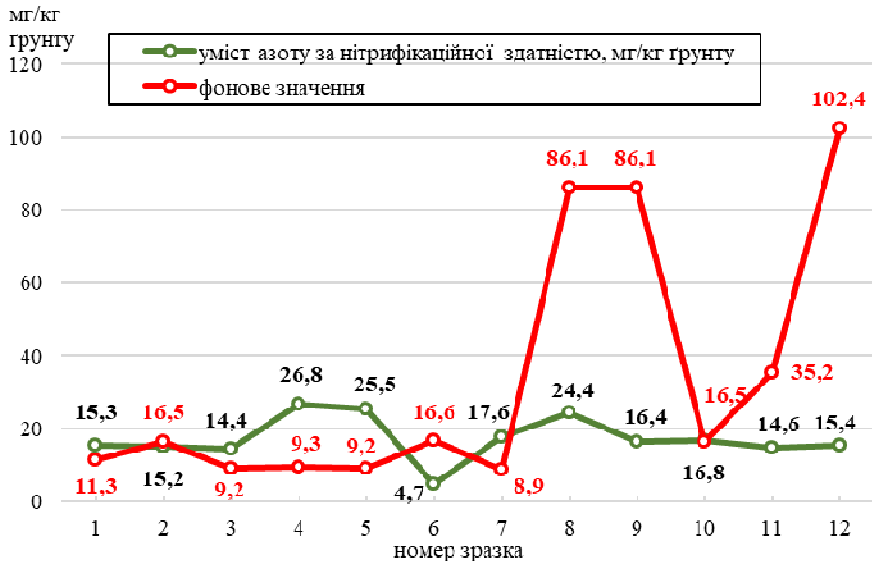


Рис. 3. Уміст азоту за нітрифікаційною здатністю в зразках ґрунту

Відібрані зразки характеризувались дуже високим ступенем забезпеченості *рухомими сполуками фосфору* (від 67 до 188 мг/кг ґрунту) та *калію* (від 447 до 2016 мг/кг ґрунту) і лише 1 зразок – підвищеним умістом зазначених сполук



Рис. 4. Уміст рухомих сполук фосфору в зразках ґрунту

У порівнянні з фоновим значенням у 10 проаналізованих зразках ґрунту відмічено збільшення вмісту фосфору – від 6 до 88 г/кг ґрунту (від 1,1 до майже 7 разів), лише в 1 зразку встановлено зменшення вмісту елемента на 42 мг/кг ґрунту. Уміст рухомих сполук фосфору в зразку намулення (№ 9) був практично на рівні фонового значення ділянки, з якої його було відібрано. Вміст фосфору в мулі у 7 разів перевищував вміст елемента на ділянці до її підтоплення.

Також встановлено збільшення вмісту рухомих сполук калію у всіх досліджуваних пробах (від 1,04 до 8,4 разів). У одному зразку вміст залишився на рівні фонового значення.

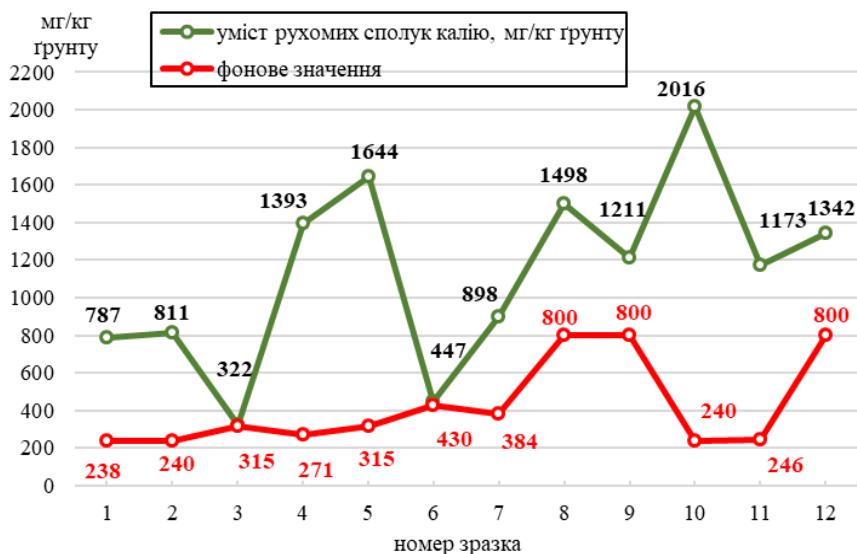


Рис. 5. Уміст рухомих сполук калію в зразках ґрунту

Уміст рухомих сполук калію в зразку намулення (№ 9) у 1,5 рази перевищував вміст елемента на ділянці до її підтоплення, у зразку мулу – у 8,4 рази.

Істотне збільшення вмісту рухомих сполук фосфору та калію можна пояснити низкою хімічних процесів, які спрямовані на збільшення розчинності сполук фосфору та калію під впливом затоплення ґрунтової поверхні. Ці процеси тісно пов'язані із терміном перебування ґрунтів під шаром води. Також на зростання вмісту сполук фосфору та калію вплинуло додаткове намулення та нанесення мулу, що підтверджується результатами досліджень та діяльністю водоростей, біомаса яких може містити від 5 до 6% фосфору та калію.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень на ділянках, які зазнали підтоплення внаслідок руйнування Каховської ГЕС встановлено підкислення ґрунтового розчину у порівнянні з фоновими значеннями на 7 ділянках та підлушення на 3 ділянках. Мул, за своїми характеристиками рН, може призвести до підлушення ґрунтового розчину ділянки.

У порівнянні з фоновими значеннями, вміст гумусу (органічної речовини) у 5 проаналізованих зразках ґрунту зменшився, у 6 – збільшився. Уміст гумусу у зразку мулу був у понад 5,6 разів вищим за його вміст у ґрунті з ділянки, на якій його було відібрано.

Уміст азоту за нітрифікаційною здатність у відібраних зразках варіював від дуже низького (4,7 мг/кг ґрунту) до дуже високого (26,8 мг/кг ґрунту). У порівнянні з фоновим значенням, у 6 проаналізованих зразках ґрунту відмічено зменшення вмісту азоту – від 1,3 до 87 мг/кг ґрунту (–7,8 до –85%), у 5 зразках – збільшення від 4,0 до 17,5 мг/кг ґрунту (від 35 до 188%). Зразок мулу та ґрунт ділянки, на якій його було відібрано, характеризувався підвищеним умістом азоту.

На більшості обстежуваних земельних ділянок виявлено значне збільшення вмісту рухомих сполук фосфору та калію в ґрунті. Відібрані зразки характеризувались дуже високим ступенем забезпеченості рухомими сполуками фосфору (від 67 до 188 мг/кг ґрунту) та калію (від 447 до 2016 мг/кг ґрунту) і лише 1 зразок – підвищеним умістом зазначених показників. У порівнянні з фоновим значенням у 10 проаналізованих зразках ґрунту відмічено збільшення вмісту фосфору – від 6 до 88 г/кг ґрунту (від 1,1 до майже 7 разів), лише в 1 зразку встановлено зменшення вмісту елемента. Уміст рухомих сполук фосфору в зразку намулення (№ 9) був практично на рівні фонового значення ділянки, з якої його було відібрано. Вміст фосфору в мулі у 7 разів перевищував вміст елемента на ділянці до її підтоплення. Також встановлено збільшення вмісту рухомих сполук калію у всіх досліджуваних пробах (від 1,04 до 8,4 разів).

1. Підрив Каховської ГЕС: трагедія, яка змінить сільське господарство півдня та всієї України. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3721075-pidriv-kahovskoi-ges-tragedia-aka-zminit-silске-gospodarstvo-pivdna-ta-vsiei-ukraini.html>. (дата звернення: 05.05.2024).
2. Каховське водосховище. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Каховське>

водосховище. (дата звернення: 05.05.2024). **3.** Підрив Каховської ГЕС: чотири категорії наслідків та план подальших дій. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/06/14/701156/>. (дата звернення: 05.05.2024). **4.** Що чекає Південь України після руйнування Каховського водосховища. URL: <https://grivna.ua/publikatsii/sho-chekae-pivden-ukrayini-pislya-ruynuvannya-kahovskogo-vodoshovisha-06062023-100919>. (дата звернення: 05.05.2024). **5.** Ймовірні наслідки підриву Каховського водосховища на ґрунтовий покрив і аграрне виробництво. URL: <https://nubip.edu.ua/node/129316>. (дата звернення: 05.05.2024). **6.** Тимочко Т. Підтоплення земель, як загроза національним інтересам. URL: [ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2009/item/53-pidtoplennia-zahroza-natsionalnym-interesam](https://ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2009/item/53-pidtoplennia-zahroza-natsionalnym-interesam). (дата звернення: 05.05.2024). **7.** Ткачук М. М., Немоловська Н. А., Ткачук Р. М. Технологія захисту гідромеліоративних систем від підтоплення ґрунтовими водами з використанням дренажно-екранних модулів. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки*. 2016. Вип. 1 (73). С. 34–40. **8.** Сай В. М. Дослідження процесу підтоплення земель з врахуванням соціально-економічних збитків. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2011. № 3. С. 127–134. **9.** Кремех В. С., Буц Ю. В., Цимбал В. А. Моделювання процесу підтоплення територій в зоні впливу водосховищ. *Людина та довкілля. Проблеми екології*. 2012. № 1–2. С. 128–130. **10.** Азот після «потопу». URL: <https://agroexpert.ua/azot-pisliarotoru/>. (дата звернення: 05.05.2024). **11.** Чорний С. Г. Основи агрономічної хімії : навч. посіб. Миколаїв : МНАУ, 2020. 284 с. **12.** Особливості процесу денітрифікації в агроценозах за впливу мінеральних добрив та мікробних препаратів / Волкогон В. В., Дімова С. Б., Волкогон К. І. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. Т. 10. С. 7–19. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.10.7-19>. **13.** Стабілізатори азоту: як отримати реальну економію на добривах. URL: <https://superagronom.com/blog/865-stabilizatori-azotu-yak-otrimati-realnu-ekonomiyu-na-dobrivah> (дата звернення: 05.05.2024). **14.** ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН. [Чинний від 2009-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2007. 8 с. **15.** ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Київ : «Держспоживстандарт», 2005. 14 с. **16.** ДСТУ 4115-2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2003-01-01]. Вид. офіц. Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 10 с. **17.** ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ : «Держспоживстандарт», 2008. 14 с. **18.** Методика проведення агрохімічної

паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. К., 2019. 108 с.

## REFERENCES:

1. Pidryv Kakhovskoi HES: trahediia, yaka zminyt silske hospodarstvo pivdnia ta vsiiei Ukrainy. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3721075-pidriv-kahovskoi-ges-tragedia-aka-zminyt-silske-gospodarstvo-pivdnia-ta-vsiei-ukraini.html>. (data zvernennia: 05.05.2024).
2. Kakhovske vodoshkovyshche. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Kakhovske\\_vodoshkovyshche](https://uk.wikipedia.org/wiki/Kakhovske_vodoshkovyshche). (data zvernennia: 05.05.2024).
3. Pidryv Kakhovskoi HES: chotyry katehorii naslidkiv ta plan podalshykh dii. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/06/14/701156/>. (data zvernennia: 05.05.2024).
4. Shcho chekaie Pivden Ukrainy pislia ruinuvannia Kakhovskoho vodoshkovyshcha. URL: <https://grivna.ua/publikatsii/sho-chekaie-pivden-ukrayini-pislya-ruynuvannya-kahovskogo-vodoshovisha-06062023-100919>. (data zvernennia: 05.05.2024).
5. Ymovirni naslidky pidryvu Kakhovskoho vodoshkovyshcha na gruntovy pokryv i ahraryne vyrobnytstvo. URL: <https://nubip.edu.ua/node/129316>. (data zvernennia: 05.05.2024).
6. Tymochko T. Pidtoplennia zemel, yak zahroza natsionalnym interesam. URL: [ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2009/item/53-pidtoplennia-zahroza-natsionalnym-interesam](https://ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2009/item/53-pidtoplennia-zahroza-natsionalnym-interesam). (data zvernennia: 05.05.2024).
7. Tkachuk M. M., Nemolovska N. A., Tkachuk R. M. Tekhnolohiia zakhystu hidromelioratyvnykh system vid pidtoplennia gruntovymy vodamy z vykorystanniam drenazhno-ekrannykh moduliv. *Visnyk NUVHP. Ser. Tekhnichni nauky*. 2016. Vyp. 1 (73). S. 34–40.
8. Sai V. M. Doslidzhennia protsesu pidtoplennia zemel z vrakhuvanniam sotsialno-ekonomichnykh zbytkiv. *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia*. 2011. № 3. S. 127–134.
9. Kremekh V. S., Buts Yu. V., Tsymbal V. A. Modeliuvannia protsesu pidtoplennia terytorii v zoni vplyvu vodoshkovyshch. *Liudyna ta dovkillia. Problemy ekolohii*. 2012. № 1–2. 128–130.
10. Azot pislia «potopu». URL: <https://agroexpert.ua/azot-pislia-potopu/>. (data zvernennia: 05.05.2024).
11. Chornyi S. H. Osnovy ahronomichnoi khimii : navch. posib. Mykolaiv : MNAU, 2020. 284 s.
12. Osoblyvosti protsesu denitryfikatsii v ahrotsenozakh za vplyvu mineralnykh dobryv ta mikrobynykh preparativ / Volkohon V. V., Dimova S. B., Volkohon K. I. ta in. *Silskohospodarska mikrobiolohiia*. 2010. T. 10. S. 7–19. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.10.7-19>.
13. Stabilizatory azotu: yak otrymaty realnu ekonomiiu na dobryvakh. URL: <https://superagronom.com/blog/865-stabilizatori-azotu-yak-otrimati-realnu-ekonomiyu-na-dobrivah> (data zvernennia: 05.05.2024).
14. DSTU ISO 10390:2007. Yakist gruntu. Vyznachennia rN. [Chynnyi vid 2009-10-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minekonomrozvytku Ukrainy, 2007. 8 s.
15. DSTU 4289:2004. Yakist

gruntu. Metody vyznachannia orhanichnoi rehovyny. [Chynnyi vid 2005-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : «Derzhspozhyvstandart», 2005. 14 s. **16.** DSTU 4115-2002. Grunty. Vyznachannia rukhomykh spoluk fosforu i kaliu za modyfikovanyim metodom Chyrykova. [Chynnyi vid 2003-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhavnyi komitet Ukrainy z pytan tekhnichnoho rehuliuвання ta spozhyvchoi polityky, 2002. 10 s. **17.** DSTU 4729:2007. Yakist gruntu. Vyznachannia nitratnoho i amoniinoho azotu v modyfikatsii NNTs IHA im. O. N. Sokolovskoho. [Chynnyi vid 2008-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : «Derzhspozhyvstandart», 2008. 14 s. **18.** Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia / za red. I. P. Yatsuka, S. A. Baliuka. K., 2019. 108 s.

---

**Palamarchuk R. P., Acting General Director, Hryshchenko O. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Scientific Secretary, Zhukova Y. F., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Head of the Department, Hryshchenko V. O., Specialist of the 1st Category (State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Kyiv), Vozniuk N. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)**

### **AGROCHEMICAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL LANDS IN THE KHERSON REGION AFFECTED BY FLOODING DUE TO THE DESTRUCTION OF THE KAKHOVKA HYDROELECTRIC STATION**

**The article highlights the impact of long-term flooding of agricultural land as a result of the destruction of the dam of the Kakhovka HPP. The results of experimental studies of the reaction of the soil solution, humus content, mobile compounds of phosphorus and potassium in ten soil samples, silt and silt samples taken in the territory of the Kherson and Beryslav districts of the Kherson region are given. The condition of the soil cover of the flooded land plots was established by comparing the obtained indicators to the background values on the land plots that were not negatively affected and were characterized by the same agro-production group of soils.**

**According to the results of the conducted research, acidification of the soil solution was established in comparison with the background values in 7 areas (from 0.1 to 0.5 units of pH) and alkalization in 3 areas (from 0.1 to 1.0 units of pH). The selected**

sludge was characterized by a moderately alkaline reaction (7.8 units of pH), which by 0.7 units. The pH is higher than the background value of the area from which it was taken. The siltation sample, on the contrary, had a lower pH value (7.7) compared to the soil of the area from which it was taken (8.0). Compared to the background values, the content of humus (organic matter) in 5 analyzed soil samples decreased, in 6 it increased. The content of humus in the sludge sample was more than 5.6 times higher than its content in the soil from the site where it was collected. The nitrogen content in terms of nitrification capacity in the selected samples varied from very low (4.7 mg/kg of soil) to very high (26.8 mg/kg of soil). Compared to the background value, in 6 analyzed soil samples, a decrease in nitrogen content was noted – from 1.3 to 87 mg/kg of soil (-7.8 to -85%), in 5 samples – an increase from 4.0 to 17.5 mg/kg of soil (from 35 to 188%). The sludge sample and the soil of the area where it was collected were characterized by high nitrogen content.

A significant increase in the content of mobile compounds of phosphorus and potassium in the soil was found on most of the surveyed land plots. The selected samples were characterized by a very high degree of availability of mobile compounds of phosphorus (from 67 to 188 mg/kg of soil) and potassium (from 447 to 2016 mg/kg of soil), and only 1 sample had an elevated content of these indicators. In comparison with the background value, an increase in the content of phosphorus was noted in 10 analyzed soil samples – from 6 to 88 g/kg of soil (from 1.1 to almost 7 times), only in 1 sample was a decrease in the content of the element. The content of mobile phosphorus compounds in the siltation sample (#9) was almost at the level of the background value of the area from which it was taken. The content of phosphorus in the silt was 7 times higher than the content of the element in the area before it was flooded. An increase in the content of mobile potassium compounds was also established in all the studied samples (from 1.04 to 8.4 times).

**Keywords:** destruction of the Kakhovka HPP dam; soil; silt; silt; reaction of soil solution; humus; mobile compounds of phosphorus and potassium.

**Фурман В. М., к.с.-г.н., доцент, Мороз О. С., к.с.-г.н., доцент, Солodka Т. М., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.m.furman@nuwm.edu.ua, o.s.moroz@nuwm.edu.ua, t.m.solodka@nuwm.edu.ua), **Зінкевич А. Р., директор ПП «АгроЗар»** (с. Городок, agrozar.rivne@gmail.com)

### **МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОДОБРИВ АгроЗАР ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ**

Метою роботи було вивчення ефективності застосування мікродобрих АгроЗар при вирощуванні сої. Застосування мікродобрих АгроЗар позитивно вплинуло як на польову схожість насіння сої, так і на передзбиральну густоту посівів сої. Найвищу польову схожість – 80,56%, забезпечив варіант із застосуванням калію гумату в нормі 1 л/т насіння для передпосівної обробки насіння сої, а найбільшу густоту рослин сої перед збиранням (501,3 тис./га) – варіант, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га.

Мікродобрива АгроЗар позитивно впливають на формування висоти рослин сої. Зокрема найбільшою висота рослин сої була на варіанті, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя у нормі 1 л/га, і становила 47,8 см, що більше на 4,6 см ніж на контролі.

Найкращі показники структури елементів продуктивності сої забезпечив варіант, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя. На цьому варіанті висота кріплення нижнього бобу становила 10,9 см, кількість бобів на одній рослині – 15,9 шт., кількість насінин у бобі – 1,91 шт., кількість насінин з однієї рослини – 30,9 шт., маса насіння з однієї рослини – 5,56 г, а маса 1000 насінин – 184 г.

Найвищу урожайність насіння сої отримано на варіанті, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га. На цьому варіанті урожайність насіння сої становила 2,63 т/га, що на 27% вище ніж на варіанті, де мікродобрива не застосовувалися.

Найкращі показники економічної ефективності забезпечив варіант, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га.



**На цьому варіанті вартість валової продукції становила 31560 грн/га, умовно чистий дохід – 21860 грн/га, собівартість вирощеної продукції – 3688 грн//т, а рівень рентабельності – 69,3%.**

**Ключові слова:** соя; мікродобрива; АгроЗАР; фенологічні спостереження; продуктивність; якість продукції.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку агропромислового виробництва серед зернобобових культур соя є основним компонентом у структурі посівних площ. Унікальність цієї культури полягає у здатності за один вегетаційний період синтезувати два врожаї – білка і жиру. Завдяки хімічному складу та цінним властивостям застосування соя є багатограним і різностороннім. Щороку посіви під соєю в Україні розширюються, соя повноправно включається у сівозміни основних землеробських районів, забезпечує ріст виробництва зерна і вихід на світові ринки у ролі експортера, що сприяє зміцненню економіки країни. В Україні накопичено великий досвід вирощування сої. Але, на жаль, її валові збори збільшуються за рахунок розширення площ, а потенційна врожайність залишається на недостатньо високому рівні. Стабільного виробництва зерна сої можна досягти лише за підвищення її продуктивності шляхом удосконалення та впровадження конкурентоспроможних технологій вирощування. Одним із компонентів таких конкурентоспроможних технологій є застосування сучасних мікродобрив.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Соя (*Glycine max* (L) Merrill) – важлива бобова культура світового сільського господарства XXI століття, яка привертає увагу аграрної науки та виробництва. Площі її посіву за останні 50 років у світі зросли від 23,8 до 102,4 млн га, урожайність – від 16,8 до 18,6 ц/га, виробництво від 26,9 до 263 млн т, або у 9,8 разу [1, С. 20].

Сою в Україні вирощують із кінця XIX століття, але промислового значення вона набула в 30-х роках XX ст., коли її площі посіву в країні перевищили 100 тисяч гектарів. Однак із часом виробництво сої різко скоротилося через припинення її заготівлі для виготовлення олії. З 1990 року посівні площі під цією культурою знову почали збільшуватися, досягнувши у 2015 р. 2,16 мільйона гектарів [2, С. 125].

Для годівлі сільськогосподарських тварин широко застосовують

зелену масу, сіно, трав'яне борошно, брикети, гранули, силос, сінаж, солому сої. Ця бобова культура є важливим компонентом у змішаних посівах із сорго, кукурудзою, суданською травою та іншими злаковими культурами для поліпшення поживної цінності корму. За дотримання технології вирощування посіви сої з кукурудзою не поступається за врожайністю зеленої маси та виходом кормових одиниць чистим посівам кукурудзи, а за обсягом перетравного протеїну перевищують їх на 25–30% [3, С. 250].

Незалежно від вмісту мікроелементів у рослинах кожен із них відіграє важливу агрономічну та фізіологічну роль і є незамінним. Мікроелементи поліпшують у рослинах обмін речовин, усувають його функціональні порушення і забезпечують нормальне проходження фізіолого-біохімічних процесів, впливають на синтез хлорофілу та збільшують інтенсивність фотосинтезу. Мікроелементи підвищують стійкість рослин до ураження бактеріальними та грибовими хворобами, до таких несприятливих умов навколишнього середовища як підвищення або зниження температури, нестача вологи в ґрунті.

Враховуючи високу вартість органічних та мінеральних добрив, а також чималий дефіцит останніх, використання мікродобрив у технології вирощування сої приваблює своєю дешевизною та простотою, але для успішного їхнього застосування необхідні знання щодо особливостей впливу на ріст і розвиток рослин [4, С. 150].

Позакореневе підживлення рослин мікроелементами зменшує гербіцидний стрес і запобігає фізіологічній депресії посівів. Урожайність насіння сої під час проведення листкових підживлень підвищується за рахунок збереження більшої кількості бобів на рослинах (у період формування бобів багато їх опадає), зменшення абортивних плодів, збільшення бобів з трьома-чотирма і зниження їх із однією-двома насінинами, а також підвищення маси насіння [5, С. 301]. Позакореневі підживлення мають вплив на хімічний склад рослин та якість врожаю в бік збільшення білка та жиру [6, С. 66].

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи було вивчення ефективності застосування мікродобрив АгроЗар при вирощуванні сої.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

- оцінити вплив мікродобрив АгроЗар на формування густоти посівів

- та виживаність рослин сої;
- встановити динаміку висоти рослин сої під впливом застосування мікродобрив АгроЗар;
  - дослідити вплив мікродобрив АгроЗар на фотосинтетичну продуктивність посівів сої;
  - оцінити вплив мікродобрив АгроЗар на структуру елементів продуктивності сої;
  - встановити вплив мікродобрив АгроЗар на урожайність насіння сої;
  - дослідити якість насіння сої під впливом застосування мікродобрив АгроЗар;
  - провести економічну оцінку доцільності застосування мікродобрив АгроЗар при вирощуванні сої.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Дослідження, що до вивчення впливу мікродобрив АгроЗар при вирощуванні сої проводили шляхом закладання польового досліду на сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті впродовж 2022–2023 років за схемою, що передбачала порівняння ефективності застосування мікродобрив АгроЗар. Добрива з амінокислотами, гумату з мікроелементами, калію гумату для обробки насіння, а також мікродобрива, по спеціально розроблені для сої схеми.

Схема досліду:

1. Контроль;
2. АгроЗар Бор, 1 л/га;
3. АгроЗар Молібден, 0,25 л/га;
4. АгроЗар Соя, 1 л/га;
5. АміноЗар Соя, 1 л/га;
6. Гумат з мікроелементами, 1 л/га;
7. Калію гумат, обробка насіння, 1 л/т.

Культура в досліді – соя сорту Ментор. Соя Ментор – це ранньостиглий сорт. Серед яскраво виражених рис можна виділити кілька важливих генетичних особливостей, серед яких збільшена здатність до розгалуження. Сорт має дуже високу стійкість до різних стресів, включаючи несприятливі погодні умови, а також стійкий до осипання, розтріскування та різних хвороб. Протипоказань щодо використання будь-яких препаратів агрохімії немає. Вирощування сої Ментор може проводитись як у степових та лісостепових регіонах України, так і на Поліссі.

Польова схожість – важливий показник, який характеризує

здатність насіння до проростання і формування сходів в залежності від умов вирощування сої. Дослідження упродовж 2022–2023 рр. показали, що відсоток сходів насіння сої залежав від застосування мікродобрив (табл. 1).

Як видно із таблиці, застосування мікродобрив збільшувало відсоток сходів насіння сої на 0,89–2,31%. На варіанті, де мікродобрива не застосовувалися, польова схожість насіння сої становила 78,25%. Найбільшою польова схожість насіння сої була на варіанті, де для передпосівної обробки насіння сої застосовували калію гумат – 80,56%. При застосуванні мікродобрива АгроЗар Соя польова схожість насіння сої становила 80,11%.

Отримані нами результати досліджень вказують на те, що на густоту рослин сої впливали мікродобрива, що вивчалися (табл. 2). Густота рослин упродовж років проведення досліджень змінювалася в залежності від застосування мікродобрив.

Таблиця 1  
Польова схожість насіння сої залежно від застосування мікродобрив АгроЗар, % (середнє за 2022–2023 рр.)

№ з/п	Варіант	Польова схожість насіння, %	+/- до контролю, %
1	Контроль	78,25	-
2	АгроЗар Бор, 1 л/га	79,40	+1,15
3	АгроЗар Молібден, 0,25 л/га	79,71	+1,46
4	АгроЗар Соя, 1 л/га	80,11	+1,86
5	АміноЗар Соя, 1 л/га	79,14	+0,89
6	Гумат з мікроелементами, 1 л/га	79,23	+0,98
7	Калію гумат, обробка насіння, 1 л/т	80,56	+2,31

Таблиця 2  
Густота рослин сої перед збиранням залежно від застосування мікродобрив АгроЗар, тис./га (середнє за 2022–2023 рр.)

№ з/п	Варіант	Густота рослин	+/- до контролю, %
1	Контроль	477,7	-
2	АгроЗар Бор, 1 л/га	491,1	+13,4

продовження табл. 2

3	АгроЗар Молібден, 0,25 л/га	492,5	+14,8
4	АгроЗар Соя, 1 л/га	501,3	+23,6
5	АміноЗар Соя, 1 л/га	493,1	+15,4
6	Гумат з мікроелементами, 1 л/га	494,2	+16,58
7	Калію гумат, обробка насіння, 1 л/т	497,3	+19,6

Так, на варіанті, де мікродобрива не застосовувалися, густина рослин сої перед збиранням становила 477,7 тис./га. При застосуванні мікродобрив АгроЗар вона збільшилася до рівня 491,1–501,3 тис./га. При чому найбільшу густоту рослин сої перед збиранням забезпечив варіант із застосуванням Мікродобрива АгроЗар Соя в нормі 1 л/га – 501,3 тис./га, що більше ніж у порівнянні із контролем на 23,6 тис./га.

Проведені впродовж 2022–2023 рр. дослідження свідчать про те, що показник урожайності насіння сої залежить від застосування мікродобрив (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив мікродобрив АгроЗар на урожайність насіння сої, т/га  
(середнє за 2022–2023 рр.)

№ з/п	Варіант	Урожайність		Середнє, т/га	+/- до контролю	
		2022	2023		т/га	%
1	Контроль	2,10	2,04	2,07	-	-
2	АгроЗар Бор, 1 л/га	2,55	2,47	2,51	0,44	21,3
3	АгроЗар Молібден, 0,25 л/га	2,60	2,56	2,58	0,51	24,6
4	АгроЗар Соя, 1 л/га	2,61	2,65	2,63	0,56	27,1
5	АміноЗар Соя, 1 л/га	2,60	2,46	2,53	0,46	22,2
6	Гумат з мікроелементами, 1 л/га	2,56	2,48	2,52	0,45	21,7
7	Калію гумат, обробка насіння, 1 л/т	2,50	2,40	2,45	0,38	18,3

НІР 05

0,12

Як видно із табл. 3, в середньому за роки проведення досліджень урожайність насіння сої на варіанті, де мікродобрива не застосовувалися, становила 2,07 т/га.

Під впливом застосування мікродобрив АгроЗар урожайність сої зросла до рівня 2,45–2,63 т/а.

Найбільший вплив на рівень урожайності мало застосування мікродобрива АгроЗар Соя. На цьому варіанті у середньому за роки проведення досліджень урожайність насіння сої була найвищою і становила 2,63 т/га, що на 0,56 т/га, або ж на 27,1% більше ніж на контролі.

Отже, найвищу урожайність насіння сої отримано на варіанті, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га. На цьому варіанті урожайність насіння сої становила 2,63 т/га, що на 27% вище ніж на варіанті, де мікродобрива не застосовувалися.

На сучасному етапі розвитку харчової та кормової промисловості важливу роль відіграє якість вирощеної сільськогосподарської продукції. Соя поєднує у собі унікальні властивості як бобових, так і олійних культур. В насінні сої міститься близько 40% білка, до 26 % жиру, велика кількість вуглеводів, цукрів, пектинових та мінеральних речовин, вітаміни [6, С. 65].

Соєвий білок дуже добре збалансований за складом амінокислот, містить багато незамінних поліненасичених жирних кислот в унікальному співвідношенні, що мак5симально відповідає потребам людського організму. Синтез білків як форм запасних поживних речовин є досить складним процесом низки послідовних перетворень глюкози як продукту фотосинтезу у складні білкові сполуки, що вимагає покращення умов живлення рослин сої упродовж вегетаційного періоду [7, С. 114].

Дослідженнями встановлено, що під впливом використання мікродобрив АгроЗар збільшувався як вміст протеїну в насінні сої, так і вміст олії (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив мікродобрив АгроЗар на якісні показники насіння сої  
(середнє за 2022–2023 рр.)

№ з/п	Варіант	Вміст протеїну, %	Вміст олії, %
1	Контроль	34,66	19,80
2	АгроЗар Бор, 1 л/га	37,70	21,25

продовження табл. 4

3	АгроЗар Молібден, 0,25 л/га	38,10	21,35
4	АгроЗар Соя, 1 л/га	38,47	21,47
5	АміноЗар Соя, 1 л/га	38,00	21,30
6	Гумат з мікроелементами, 1 л/га	37,95	21,29
7	Калію гумат, обробка насіння, 1 л/т	37,84	21,27

На варіанті, де мікродобрива не застосовувалися, вміст протеїну у насіння сої становив 34,65%.

Під впливом застосування мікродобрив вміст протеїну в насінні сої зріс до рівня 37,7–38,47%, причому найбільшим вміст протеїну був на варіанті, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га.

Зростав і вміст олії в насінні сої під впливом застосування мікродобрив АгроЗар. Так на контролі, де мікродобрива не застосовувалися, вміст олії становив 19,8%, тоді як при застосуванні мікродобрив – 21,25–21,47%. Знову ж таки найбільшим вміст олії був на варіанті, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га.

**Висновки.** Застосування мікродобрив АгроЗар позитивно вплинуло як на польову схожість насіння сої, так і на передзбиральну густоту посівів сої. Найвищу польову схожість – 80,56%, забезпечив варіант із застосуванням калію гумату в нормі 1 л/т насіння для передпосівної обробки насіння сої, а найбільшу густоту рослин сої перед збиранням (501,3 тис./га) – варіант, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га.

Мікродобрива АгроЗар позитивно впливають на формування висоти рослин сої. Зокрема найбільшою висота рослин сої була на варіанті, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя у нормі 1 л/га, і становила 47,8 см, що більше на 4,6 см ніж на контролі.

Найкращі показники структури елементів продуктивності сої забезпечив варіант, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя. На цьому варіанті висота кріплення нижнього бобу становила 10,9 см, кількість бобів на одній рослині – 15,9 шт., кількість насінин у бобі – 1,91 шт., кількість насінин з однієї рослини – 30,9 шт., маса насіння з однієї рослини – 5,56 г, а маса 1000 насінин – 184 г.

Найвищу урожайність насіння сої отримано на варіанті, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га. На цьому

варіанті урожайність насіння сої становила 2,63 т/га, що на 27% вище ніж на варіанті, де мікродобрива не застосовувалися.

Найкращі показники економічної ефективності забезпечив варіант, де застосовували мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га. На цьому варіанті вартість валової продукції становила 31560 грн/га, умовно чистий дохід – 21860 грн/га, собівартість вирощеної продукції – 3688 грн/т, а рівень рентабельності – 69,3%.

Враховуючи наведені висновки, можна зробити пропозицію виробникам: на сірих лісових ґрунтах з метою отримання врожаю насіння сої на рівні 2,63 т/га нами рекомендовано застосовувати мікродобрива АгроЗар, зокрема мікродобриво АгроЗар Соя в нормі 1 л/га при появі трійчастих листків, у фазу появи перших бутонів, а також при досягненні близько 10% стручків кінцевої довжини.

**1.** Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Світові та вітчизняні тенденції розміщення виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка. *Корми і кормовиробництво*. 2012. № 71. С. 12–25. **2.** Рослинництво України. Статистичний збірник 2018 / за ред. О. Прокопенко. К., 2019. 220 с. **3.** Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) : монографія / В. В. Кириченко, С. С. Рябуха, Л. Н. Кобизєва, О. О. Посилаєва, П. В. Чернишенко ; НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Х., 2016. 400 с. **4.** Бахмат О. М. Соя – культура майбутнього, особливості формування високого врожаю : монографія. Кам'янець-Подільський : ПП Мошак М. І., 2009. 208 с. **5.** Бахмат О. М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої : монографія. Кам'янець-Подільський : Видавець Зволейко Д. Г., 2012. 435 с. **6.** Авраменко С., Манько К., Шелякін В., Бобров О. Удобрення сої: нові підходи. *Пропозиція*. 2016. № 4. С. 66–68. **7.** Поляков О. І., Нікітенко О. В. Формування елементів продуктивності та врожайності сортів сої під впливом застосування біостимуляторів росту. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2011. № 16. С. 112–116.

## REFERENCES:

**1.** Babych A. O., Babych-Poberezhna A. A. Svitovi ta vitchyzniani tendentsii rozmishchennia vyrobnytstva i vykorystannia soi dlia rozv'iazannia problemy bilka. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2012. № 71. S. 12–25. **2.** Roslynnnytstvo Ukrainy. Statystychnyi zbirnyk 2018 / za red. O. Prokopenko. K., 2019. 220 s. **3.** Soia (*Glycine max* (L.) Merr.) : monohrafiia / V. V. Kyrychenko, S. S. Riabukha, L. N. Kobyzieva, O. O. Posylaieva, P. V. Chernyshenko ; NAAN, Instytut roslynnnytstva im. V. Ya. Yurieva. Kh., 2016. 400 s. **4.** Bakhmat O. M. Soia –



kultura maibutnoho, osoblyvosti formuvannya vysokoho vrozhaiu : monohrafiia. Kamianets-Podilskyi : PP Moshak M. I., 2009. 208 s. **5.** Bakhmat O. M. Modeliuvannya adaptyvnoi tekhnolohii vyroshchuvannya soi : monohrafiia. Kamianets-Podilskyi : Vydavets Zvoleiko D. H., 2012. 435 s. **6.** Avramenko S., Manko K., Sheliakin V., Bobrov O. Udobrennia soi: novi pidkhody. *Propozytsiia*. 2016. № 4. S. 66–68. **7.** Poliakov O. I., Nikitenko O. V. Formuvannya elementiv produktyvnosti ta vrozhainosti sortiv soi pid vplyvom zastosuvannya biostymulatoriv rostu. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2011. № 16. S. 112–116.

---

**Furman V. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Moroz O. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Solodka T. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Zinkevych A. R., Director Company «AgroZar Fertilizers of Ukraine»** (Horodok village)

### **MONITORING THE USE OF AgroZAR MICROFERTILIZERS IN SOYBEAN CULTIVATION**

**The aim of the work was to study the effectiveness of AgroZar microfertilizers in soybean cultivation.**

**To achieve the goal, the following tasks were solved:**

- evaluate the impact of AgroZar microfertilizers on the formation of crop density and the survival rate of soybean plants;**
- establish the dynamics of the height of soybean plants under the influence of AgroZar microfertilizers;**
- to investigate the effect of AgroZar microfertilizers on the photosynthetic productivity of soybean crops;**
- evaluate the impact of AgroZar microfertilizers on the structure of soybean productivity elements;**
- establish the effect of AgroZar microfertilizers on soybean seed productivity;**
- to investigate the quality of soybean seeds under the influence of AgroZar microfertilizers;**
- conduct an economic assessment of the feasibility of using AgroZar microfertilizers in soybean cultivation.**

**The use of AgroZar microfertilizers had a positive effect on both the field germination of soybean seeds and the pre-harvest density of soybean crops. The highest field germination – 80.56% was provided by the variant with the use of potassium humate at the rate of 1 l/t of seeds for pre-sowing treatment of soybean seeds, and the highest density of soybean plants before harvesting (501.3 thousand/ha) – the variant using AgroZar microfertilizer Soy is normally 1 l/ha.**

**AgroZar microfertilizers have a positive effect on the formation of the height of soybean plants. In particular, the highest height of soybean plants was in the version where AgroZar Soya microfertilizer was applied at the rate of 1 l/ha, and was 47.8 cm, which is 4.6 cm more than in the control.**

**The best indicators of the structure of elements of soybean productivity were provided by the variant where AgroZar Soya microfertilizer was applied. In this variant, the height of the attachment of the lower bean was 10.9 cm, the number of beans on one plant – 15.9 pcs., the number of seeds in a bean – 1.91 pcs., the number of seeds from one plant – 30.9 pcs., the mass of seeds from one plant – 5.56 g, and the weight of 1000 seeds – 184 g.**

**The highest yield of soybean seeds was obtained in the variant where AgroZar Soya microfertilizer was used at the rate of 1 l/ha. In this option, the yield of soybean seeds was 2.63 t/ha, which is 27% higher than in the option where microfertilizers were not applied.**

**The best indicators of economic efficiency were provided by the variant where AgroZar Soya microfertilizer was applied at the rate of 1 l/ha. In this option, the cost of gross production was UAH 31,560/ha, conditional net income was UAH 21,860/ha, the cost of grown products was UAH 3,688/t, and the profitability level was 69.3%.**

***Keywords:* soybean; microfertilizers; AgroZAR; phenological observations; productivity; product quality.**

## ЗМІСТ

Бедункова О. О., Кузнєцов П. М.	Оцінка впливу на навколишнє середовище аналітичних процедур вимірювання макрокомпонентного складу поверхневих вод .....	3
Брошак І. С., Хомик Н. І., Мандрико М. В., Бровко О. З., Гуйван М. Д., Колесник Т. М.	Нове органічне добриво на основі лігніту та курячого посліду .....	16
Гриб Й. В., Троцюк В. С., Войтишина Д. Й.	Реабілітація стану річкових екосистем України в світлі реалізації світової стратегії охорони природи .....	31
Гунчак М. В., Паламарчук Р. П., Романова С. А., Пасічняк В. І., Ліхо О. А.	Економічна ефективність застосування біологічного методу захисту картоплі проти колорадського жука та фітофторозу .	48
Гунчак М. В., Пасічняк В. І., Грищенко О. М., Мороз О. С.	Ефективність застосування біологічного методу захисту яблуні проти зеленої яблуневої попелиці в умовах Західного Лісостепу України .....	59
Клименко Л. В.	Математична модель прогнозування показника індексу розвитку економічних сфер середніх міст України .....	71
Музиченко О. С., Боярин М. В., Буднік З. М.	Стан ценопопуляції <i>Platanthera Bifolia</i> (L.) Rich. на території Ківерцівського національного природного парку «Цуманська пуца» .....	84

Олійник О. О., Крайна М. А., Ласло О. О.	Вплив застосування комбінацій гербіцидів на продуктивність пшениці озимої в умовах Західного Полісся ..... 100
Паламарчук Р. П., Грищенко О. М., Жукова Я. Ф., Грищенко В. О., Вознюк Н. М.	Агрохімічна оцінка земель сільськогосподарського призначення Херсонської області, які зазнали підтоплення внаслідок руйнування Каховської ГЕС ..... 111
Фурман В. М., Мороз О. С., Солодка Т. М., Зінкевич А. Р.	Моніторинг використання мікродобрив Агрозар при вирощуванні сої ..... 126

## CONTENT

Biedunkova O. O., Kuznietsov P. M.	Environmental Impact Assessment of Analytical Methods For Measuring the Macrocomponent Composition of Surface Waters .....	3
Broshchak I. S., Khomyk N. I., Mandryko M. V., Brovko O. Z., Huivan M. D., Kolesnyk T. M.	New Organic Fertilizer Based on Lignite and Chicken Manure .....	16
Hryb Y. V., Trotsiuk V. S., Voityshyna D. Y.	Rehabilitation of River Ecosystems in Ukraine in Light of Implementing Global Nature Conservation Strategies .....	31
Hunchak M. V., Palamarchuk R. P., Romanova S. A., Pasichniak V. I., Likho O. A.	Economic Effectiveness of the Application of the Biological Method of Protecting Potatoes Against the Colorado Beetle and Late Blight .....	48
Hunchak M. V., Pasichniak V. I., Hryshchenko O. M., Moroz O. S.	Efficiency of Application of the Biological Method of Apple Trees Protection Against the Green Apple Aphid In the Western Forest Steppe of Ukraine .....	59
Klymenko L. V.	Mathematical Prognostication Model of the Indicator of Development Index of Economic Spheres of Medium-Sized Cities of Ukraine .....	71
Muzychenko O. S., Boiaryn M. V., Budnik Z. M.	State of <i>Platanthera Bifolia</i> (L.) Rich. Cenopopulations on the Territory of Kivertsi National Nature Park «Tsumanska Pushcha» ...	84

Oliinyk O. O., Influence of Herbicide Combinations on Winter  
Kraina M. A., Wheat Productivity in Western Polissya ..... 100  
Laslo O. O.

Palamarchuk R. P., Agrochemical Assessment of Agricultural  
Hryshchenko O. M., Lands in the Kherson Region Affected by  
Zhukova Y. F., Flooding Due to the Destruction of the  
Hryshchenko V. O., Kakhovka Hydroelectric Station ..... 111  
Vozniuk N. M.

Furman V. M., Monitoring the Use of Agrozar Microfertilizers  
Moroz O. S., in Soybean Cultivation ..... 126  
Solodka T. M.,  
Zinkevych A. R.

Наукове видання

**ВІСНИК**  
**Національного університету водного**  
**господарства та природокористування**

**Збірник наукових праць**

**Випуск 2(106)**

**Сільськогосподарські науки**

*Комп'ютерна верстка*  
*Технічний редактор*  
*Літературний редактор*

*Галина Сімчук*  
*Галина Сімчук*  
*Ольга Якимчук*

*Друкується в авторській редакції*

Підписано до друку 31.05.2024 р. Формат 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Ум.-друк. арк. 8,2. Обл.-вид. арк. 9,1.  
Тираж 150 прим. Зам. № 5638.

*Видавець і виготовлювач*  
*Національний університет*  
*водного господарства та природокористування*  
*вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до*  
*державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів*  
*видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*