

# **ВІСНИК**

Національного університету  
водного господарства та  
природокористування

**ISSN 2306-5478**

**В И П У С К 3(107)**

---

<https://doi.org/10.31713/vs320240>

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 27 вересня 2024 р., протокол № 9.  
Ідентифікатор медіа: R30-05354

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП  
© Національний університет водного господарства та природокористування, 2024  
<https://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri>

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

**ISSN 2306-5478**  
**VOLUME 3(107)**

---

<https://doi.org/10.31713/vs320240>

**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 September 27, 2024,  
Academic Council Meeting Minutes #9.  
Media identifier: R30-05354

Scientific Editorial Board Address: 33028, Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE  
© National University of Water and Environmental Engineering, 2024  
<https://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri>

**Біда П. І., к.т.н., викладач** (Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування, м. Рівне, P.I.Bida1976@gmail.com), **Василюк-Полюшек М. О., здобувач** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## ІННОВАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ: ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ, АГРОНОМІЯ ТА СТАЛІ АСПЕКТИ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

У статті розкрито інноваційні засади інформатизації в аграрному землекористуванні щодо оцінки якості земель і планування потенційних врожаїв з огляду на природно-кліматичні умови. Актуалізовано досвід використання ресурсів фірми EOS Data Analytics, який надає можливість проводити сільськогосподарські роботи з врахуванням типів та якості ґрунтів; кліматичних й гідрологічних умов; різних фаз розвитку рослин; прогнозу врожайності тощо. Такі рішення сприяють створенню інформації, пов'язаної з агрономічною діяльністю у цифровій формі. Підтверджено, що комплекс супутникової аналітики допомагає визначити показники врожаю протягом періоду вегетації, проводити її порівняння.

Доведено, що інновації моніторингу земель, як-от: ГІС-технології, природно-кліматичні та агрономічні дані в одному програмному продукті, технології землекористування з реальними природно-кліматичними явищами, будуть складовими екологічної оцінки безпеки аграрного землекористування, що включає системну оцінку комплексу факторів землекористування в різних масштабах та з різною метою у часі; визначення якості та антропогенного навантаження на сільськогосподарські землі; районування території щодо екологічних, кліматичних, деградаційних явищ; прозорості сільськогосподарської діяльності щодо відкритості екологічних даних, наприклад впливу на якість ґрунтів інтенсивних аграрних технологій та ущільнення ґрунтів та ін.

*Ключові слова:* інновації; моніторинг; агрономія; якість ґрунтів; землекористування.

**Постановка проблеми.** Значний попит на сільськогосподарську продукцію, викликаний приростом населення, призводить до більшого розорювання земель, підвищення вартості добрив, пестицидів, гербіцидів та інших сільськогосподарських ресурсів. Крім того, парниковий ефект і, як наслідок, глобальне потепління провокують сильні посухи та деградацію ґрунтів. Все це робить точне землеробство критично важливим для сталого розвитку людства. У широкому сенсі агротехнології призначені для підвищення продуктивності й прибутковості ферм за рахунок зниження витрат або втрат врожаю. Оскільки до 2030-х років населення планети досягне більше 8 мільярдів людей, тому різні аграрні виробники працюють для збільшення виробництва й задоволення попиту на продовольчі товари [1–3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання системної оцінки якості земель в Україні та за кордоном вивчали Польовий В. М., Тараріко Ю. О., Третяк А. М., Жук В. М., Гуторов О. І., Клименко М. О., Прищепка А. М., Лико Д. В., Хром'як Т. В. та інші [4–8]. Агроекологічні підходи в оцінці якості земель наведено у звітах ФАО та його підрозділів (Rosset et al., 2011; Wezel et al., 2018). Питання оцінки використання земельних ресурсів обговорювалися в дослідженнях Y. Yang та ін. (2015), М. А. Бераві та ін. (2018), М. А. Berawi та ін. (2019), О. Ковалова та ін. (2020), А. С. Sant'Anna та ін. (2020), F. Tu (2021) [15–17].

Особливості застосування вебсистеми на базі ГІС у процесі агрономічної оцінки земель розглянуто Y. Yang та ін. (2015). Агрономічну та екологічну оцінку земель вивчали D. Dela Rosa та С. А. van Diepen (2002), М. Usul (2018) [18–19]. Питання прогнозування якості зеиель та їх агрономічного використання відображено в працях Khalep Y., & Moskalenko A. (2020) [20; 21]. Інноваційні підходи та практичні прийоми оцінки вартості земель також наведено в працях Marsden, 2013 [22]. Відомий інший підхід моделювання якості ґрунтів з використанням методу балансу гумусу (J.-A. Neugoud), який дозволяє отримати хороші результати оцінки агроекологічного стану ґрунтів. Цей же метод також використовується в межах агроекологічного моніторингу FOAG для розрахунку показника «баланс гумусу» та враховує тип ґрунту, а звідси – властивості накопичувати гумус [23].

**Постановка завдання** – розробка інновацій для моніторингу сільськогосподарських земель щодо використання ГІС-технологій, супутників Землі, програмних продуктів для сталого землекористування.

**Методи досліджень.** Системний підхід використано для визначення значення якості земельних ресурсів у сільськогосподарському виробництві. У процесі написання та формування висновків використано методи: аналізу і синтезу, системного аналізу інформації та узагальнення.

**Викладення основного матеріалу.** Світова продовольча організація визнає, що комплексні, багатогранні питання, до яких, належать і питання сталого землекористування, потребують інноваційних підходів. Порядок денний у сфері сталого розвитку на період до 2030 року не тільки визначає цілі у сфері сталого розвитку, а й пропонує засоби їх досягнення. В умовах посилення екологічних проблем, зростання кризових чинників якості ґрунтів, значних площ деградованих ґрунтів на національному, так і на світовому рівнях, особливо важливо використовувати інформаційні технології для вирішення проблем. Така ситуація та відсутність єдиного підходу забезпечення використання інформаційних технологій (ГІС-технології, космічний моніторинг, штучний інтелект) призвели до необхідності розробки наукових підходів визначення варіантів забезпечення якості ґрунтів в сучасних умовах використання земельних ресурсів.

Методологія сталого використання ґрунтів буде доцільною на засадах моніторингу, попередження деградаційних процесів та відшкодування шкоди виснаженим та забрудненим землям в цілому. Аналіз якості ґрунтів для різних типів землекористування буде успішним за умови використання інформаційних технологій на всіх етапах: історичні дані, тип ґрунту, дані агрохімічного аналізу, тенденції щодо балансу їх якості, залежність від сівозмін (інтенсивна чи органічна технологія землекористування), внесення добрив (органічні, мінеральні, внесення і підживлення по листу тощо).

Локальний рівень слід досліджувати, тому що саме на такому рівні використовуються вихідні дані з оцінки використання земельних ресурсів (агрономічний моніторинг, вибір сівозмін, вартість земельних ресурсів, деградаційні процеси у ґрунтах та їх забруднення тощо). Також необхідно враховувати комплекс різних

показників (санітарно-токсикологічних, екологічних, агрономічних, гідрологічних, історичних тощо), щоб оцінити стан аграрного землекористування та використовувати сучасні інновації в галузях агрохімії, ґрунтознавства, землеробства й впроваджувати сучасні рішення в умовах ринкових відносин (рис. 1).

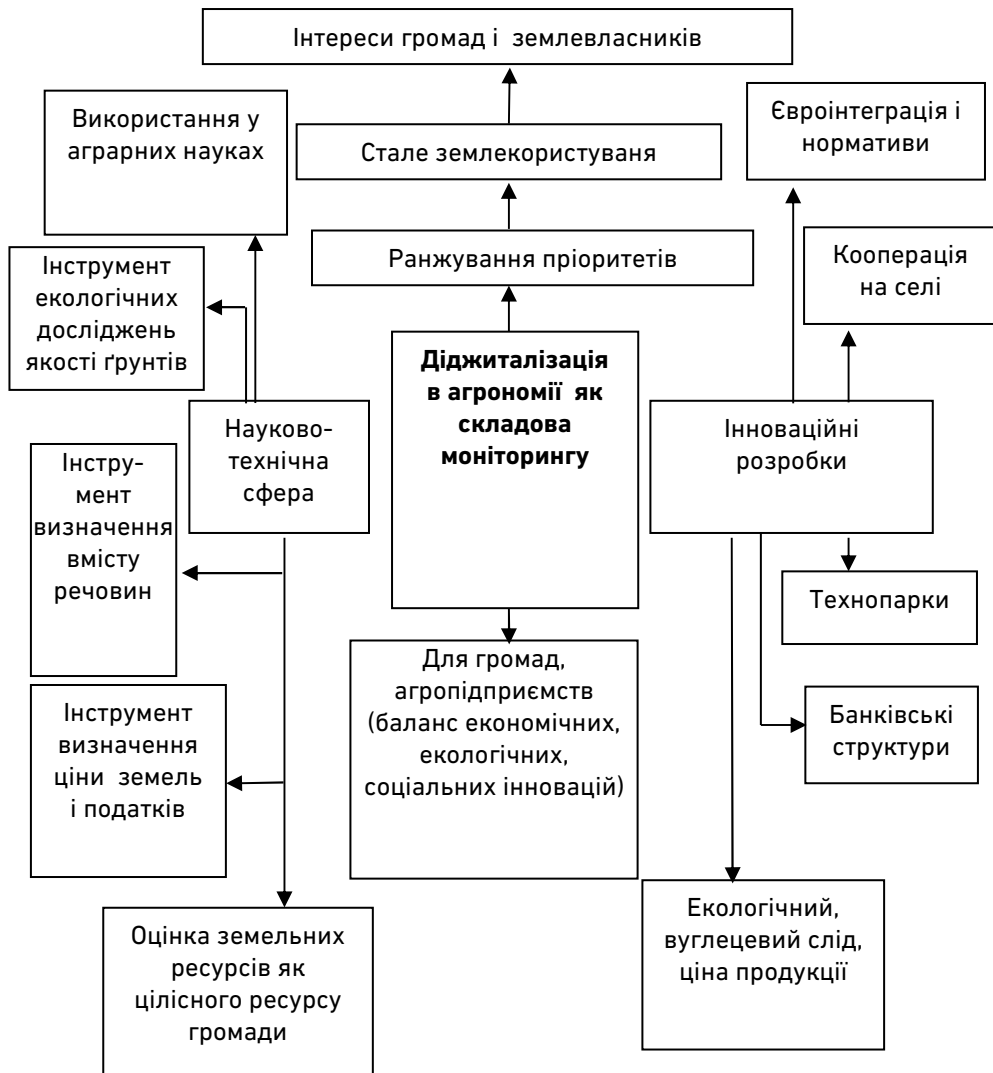


Рис. 1. Діджиталізація в агрономії як інновація моніторингу якості ґрунтів  
Е-калькулятора як інструменту аграрного землекористування  
Формування методології аграрного природокористування



В епоху інформатизації в аграрному землекористуванні важливим питанням є оцінка якості земель і потенційних врожаїв в реальному режимі часу. Відомий досвід використання ресурсів фірми EOS Data Analytics (EOS Crop Monitoring) [1], який надає можливість проводити сільськогосподарські роботи з врахуванням типів та якості ґрунтів; кліматичних й гідрологічних умов; їх вологості; стану посівів; різних фаз розвитку рослин; прогнозу врожайності на рівні полів класифікація ґрунту тощо. Такі рішення сприяють створенню інформації, пов'язаної з агрономічною діяльністю у цифровій формі з метою зіставлення даних формування потенційної врожайності в кліматичних умовах вегетації рослин. Ресурс EOS Crop Monitoring надає також і такі важливі дані: прогноз погоди, опади саме на досліджуваному полі, вологість і дефіцит вологості для технологічних операцій з ґрунтами тощо. Крім того, комплекс супутникової аналітики допомагає визначити показники врожаю протягом періоду вегетації, порівнювати її безпосередньо не тільки формування, а що інноваційно – на різних фазах росту рослин. Така мобільність у прийнятті рішень дає можливість вчасно коригувати агрономічні операції й за потреби вносити добрива, проводити зрошення, обробляти рослини від ушкодження.

Тому такі інновації моніторингу земель, як ГІС-технології, природно-кліматичні та агрономічні дані в одному програмному продукті, пов'язані технології землекористування з реальними природно-кліматичними явищами, будуть складовими екологічної оцінки безпеки аграрного землекористування, що включає:

- системну оцінку комплексу факторів землекористування в різних масштабах та з різною метою у часі;
- визначення якості та антропогенного навантаження на сільськогосподарські землі;
- районування території щодо екологічних, кліматичних, деградаційних явищ;
- вибір технологій та визначення черговості робіт за принципами сталого розвитку;
- моніторинг для ухвалення управлінських рішень: попередження прояву негативних антропогенних факторів сільськогосподарського виробництва;
- сільськогосподарське виробництво, спрямоване на розвиток екологічно безпечної продовольчої системи;

- забезпечення відтворення продуктивності ґрунту у сівозміні, шляхом розрахункового внесення органічних та мінеральних добрив для підвищення родючості ґрунту;

- удосконалення позитивної екологічної взаємодії внаслідок інноваційного екологічного моніторингу агрономічних характеристик ґрунту, системної взаємодії компонентів агроєкосистем (клімат, гідрологічні явища, водні ресурси тощо);

- прозорість сільськогосподарської діяльності щодо відкритості екологічних даних, наприклад впливу на якість ґрунтів інтенсивних аграрних технологій та ущільнення ґрунтів та ін.

Така відкритість даних екологічного моніторингу до агрономічних характеристик якості ґрунтів не суперечить майбутньому України в Європейському Союзі. Україна прагне інтегруватися в Європейський економічний простір із всіх видів діяльності, в тому числі щодо видів і результатів моніторингу якості ґрунтів. Тому інновації моніторингу земель, ГІС-технології, агрономічні спостереження, сталі технології землекористування потрібно розробляти відповідно до законів Європейського Союзу (рис. 2).

Основними шляхами державного регулювання продовольчої безпеки є проведення аналізу та складання прогнозу ситуації на ринку продовольства; організація і реалізація державних програм щодо сільськогосподарського виробництва, державної підтримки аграрних виробників. Тому основними завданнями державного регулювання забезпечення необхідного рівня продовольчої безпеки України є:

- інноваційний екологічний, агрономічний, моніторинг як інформаційне забезпечення аграрного виробництва у рослинництві;

- інформаційно підкріплене прийняття рішень фермерами, державними органами щодо стану і тенденцій обробітку сільськогосподарських земель;

- можливість планувати кошти на внесення засобів захисту рослин і добрив залежно від врожаїв поточного року та балансу поживних речовин до науково обґрунтованих норм;

- забезпечення рентабельності аграрного бізнесу відповідно до світових тенденцій на ринках зерна й іншої продовольчої продукції;

- забезпечення населення України продовольством відповідної якості та у необхідній кількості;

- налаштування системи ведення сільського господарства таким чином, щоб підвищити її стійкість до впливу зовнішніх факторів, у тому числі за рахунок інформації моніторингу використання земель, удосконалення раціонального використання ґрунтів, самозабезпеченості аграрних виробників та виважене використання виробничих ресурсів.



Рис. 2. Врахування вимог євроінтеграції в інновації моніторингу земель

**Висновки.** Світовий досвід свідчить про значні темпи перетворень в сферах аграрного землекористування: використання інформаційних технологій, штучного інтелекту, космічних супутників

Землі, які забезпечують інформацією фермерів та землевласників через сучасний екологічний й агрохімічний моніторинг якості ґрунтів.

Такі процеси відбуваються на фоні євроінтеграції України та гармонізації нормативних актів, в тому числі в моніторингу земель, агрономічних показників якості ґрунтів, технологій сільськогосподарського виробництва тощо.

Тому для впровадження інновацій вважаємо за доцільне всебічне застосування заходів державної підтримки агробізнесу, надання субсидій фермерам з малими площами земель, пропозицію грантів і субсидій, фінансування за рахунок коштів Державного бюджету охорони навколишнього природного середовища як елемента системи аграрного землекористування тощо.

1. EOS Crop Monitoring... URL: [https://eos.com > products > crop-monitoring](https://eos.com/products/crop-monitoring) (дата звернення: 10.07.2024).
2. Лише 35% землевласників ... URL: [ndlord.ua/news/lyshe-35-zemlevlasnykiv-hotovi-prodaty-svii-pai-pislia-vidkryttia-rynku/](http://ndlord.ua/news/lyshe-35-zemlevlasnykiv-hotovi-prodaty-svii-pai-pislia-vidkryttia-rynku/) (дата звернення: 10.07.2024).
3. Concorde Capital запустив онлайн платформу... URL: [https://concorde.ua/ua/press/item\\_77967/](https://concorde.ua/ua/press/item_77967/) (дата звернення: 10.07.2024).
4. Гуторов А. О., Гуторов О. І., Грошев С. В. Управління ефективністю використання земельних ресурсів фермерських господарств: теорія та практика сталого землекористування : монографія / Нац. наук. центр «Ін-т аграр. Економіки». Харків : Друкарня Мадрид, 2020. 223 с.
5. Добряк Д. С., Вітвицька В. М. Грошова оцінка земель як важливий чинник регулювання ринку сільськогосподарських земель. *Землеустрій і кадастр*. 2010. № 1. С. 5–16.
6. Ходаківська О. В., Юрченко І. В. Нормативна грошова оцінка земель сільськогосподарського призначення: рентоутворюючі чинники. *Землевпорядний вісник*. 2017. № 7. С. 14–18.
7. Хромяк Тетяна Василівна. Удосконалення методики ринкової оцінки земель сільськогосподарського призначення в Україні : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.07.02. Луганськ, 2003. 23 с.
8. Клименко М. О., Прищепка А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля : навч. посіб. Рівне : УДУВГП, 2004. 232 с.
9. The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (HLPE)... URL: [www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe) (дата звернення: 10.07.2024).
10. Rosset P. M., Sosa B. M., Jaime A. M. R., Lozano D. R. A. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *The Journal of Peasant Studies*. 2011. Vol. 38(1) P. 161–191. doi:10.1080/03066150.2010.538584
11. Wezel A., Goris M., Bruil J., Félix G. F., Peeters A., Bàrberi P., Bellon S. & Migliorini P. Challenges and actions

- points to amplify agroecology in Europe. *Sustainability (Switzerland)*. 2018. Vol. 10(5). P. 1598. URL: <https://pureportal.coventry.ac.uk/en/publications/challenges-and-action-points-to-amplify-agroecology-in-europe> (дата звернення: 10.07.2024).
- 12.** Ceres Investor Network on Climate Risk and Sustainability. Ceres. URL: <https://www.ceres.org/networks/ceres-investor-network>. (дата звернення: 10.07.2024).
- 13.** Sustainable Banking Network – Members. International Finance Corporation, World Bank Group. URL: [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics\\_ext\\_content/ifc\\_external\\_corporate\\_site/sustainability-at-ifc/company-resources/sustainable-finance/sbn\\_members](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/company-resources/sustainable-finance/sbn_members). (дата звернення: 10.07.2024).
- 14.** The Green Growth Action Alliance Unlocking private finance for green growth. *World Economic Forum*. June 2013. URL: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GreenGrowth\\_G2A2\\_Overview\\_2013.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GreenGrowth_G2A2_Overview_2013.pdf). (дата звернення: 10.07.2024).
- 15.** Orhan Dengiz, Mustafa Usul. Multi-criteria approach with linear combination technique and analytical hierarchy process in land evaluation studies. *Eurasian J Soil Sci*. 2018. Vol. 7(1). P. 20–29.
- 16.** Berawi M. A., Suwartha N., Salsabila F., Gunawan Miraj P. and Woodhead R. Land value capture modeling in commercial and office areas using a big data approach. *International Journal of Technology*. 2019. Vol. 10, no. 6. Pp. 1150–1156. URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i6.3640>. (дата звернення: 10.07.2024).
- 17.** Tetiana Ostapchuk, Kateryna Orlova, Svitlana Biriuchenko, Andrii Dankevych, Galyna Marchuk. Defuzzification in the process of managerial estimating. *Agricultural and Resource Economics*. 2021. Vol. 7, No. 4. P. 62–65.
- 18.** Ostapchuk T., Orlova K., Biriuchenko S., Dankevych A., & Marchuk G. Defuzzification in the process of managerial estimating the value of agricultural lands. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2021. Vol. 7(4). P. 62–81. URL: <https://doi.org/10.51599/are.2021.07.04.04>. (дата звернення: 10.07.2024).
- 19.** Podhrázská J., Kučera J., Karásek P., Konečná J. Land degradation by erosion and its economic consequences for the region of South Moravia (Czech Republic). *Soil & Water Res*. 2015. Vol. 10. P. 105–113.
- 20.** Petro Skrypchuk, Viktor Zhukovskyy, Halyna Shpak, Nataliia Zhukovska, Halyna Krupko. Applied Aspects of Humus Balance Modelling in the Rivne Region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. August 2020. Vol. 21, Issue 6. P. 42–52. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/123255/> (дата звернення: 10.07.2024).
- 21.** Khalep Y., & Moskalenko A. Ecological and economic aspects of the efficiency of Polissia organic plant models. *Agricultural and Resource Economics. International Scientific E-Journal*. 2020. Vol. 6(4). P. 5–19. URL: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.01> (дата звернення: 10.07.2024).
- 22.** Marsden T. From post-productionism to reflexive governance: contested transitions in security more sustainable food futures. *Journal of Rural Studies*. 2013. Vol. 29. P. 123–134. doi: 10.1016/j.rurstud.2011.10.001

**23.** Humusbilanz-Rechner ... URL: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/apps/humusbilanz-rechner.html> (дата звернення: 10.07.2024).

## REFERENCES:

1. EOS Crop Monitoring... URL: <https://eos.com/products/crop-monitoring> (data zvernennia: 10.07.2024).
2. Lyshe 35% zemlevlasnykiv ... URL: [ndlord.ua/news/lyshe-35-zemlevlasnykiv-hotovi-prodaty-svii-pai-pislia-vidkryttia-rynku/](http://ndlord.ua/news/lyshe-35-zemlevlasnykiv-hotovi-prodaty-svii-pai-pislia-vidkryttia-rynku/) (data zvernennia: 10.07.2024).
3. Concorde Capital zapustyv onlain platformu... URL: [https://concorde.ua/ua/press/item\\_77967/](https://concorde.ua/ua/press/item_77967/) (data zvernennia: 10.07.2024).
4. Hutorov A. O., Hutorov O. I., Hroshev S. V. Upravlinnia efektyvnosti vykorystannia zemelnykh resursiv fermerskykh gospodarstv: teoriia ta praktyka staloho zemlekorystuvannia : monohrafiia / Nats. nauk. tsentr «In-t ahrar. Ekonomiky». Kharkiv : Drukarnia Madryd, 2020. 223 s.
5. Dobriak D. S., Vitvytska V. M. Hroshova otsinka zemel yak vazhlyvyi chynnyk rehuliuвання rynku silskohospodarskykh zemel. *Zemleustrii i kadastr.* 2010. № 1. S. 5–16.
6. Khodakivska O. V., Yurchenko I. V. Normatyvna hroshova otsinka zemel silskohospodarskoho pryznachennia: rentoutvoriuiuchi chynnyky. *Zemlevporiadnyi visnyk.* 2017. № 7. S. 14–18.
7. Khromiak Tetiana Vasylivna. Udoskonalennia metodyky rynkovoї otsinky zemel silskohospodarskoho pryznachennia v Ukraini : avtoref. dys. ... kand. ekon. nauk : 08.07.02. Luhansk, 2003. 23 s.
8. Klymenko M. O., Pryshchepa A. M., Vozniuk N. M. Monitorynh dovkillia : navch. posib. Rivne : UDUVHP, 2004. 232 s.
9. The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (HLPE)... URL: [www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe) (data zvernennia: 10.07.2024).
10. Rosset P. M., Sosa B. M., Jaime A. M. R., Lozano D. R. A. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *The Journal of Peasant Studies.* 2011. Vol. 38(1) P. 161–191. doi:10.1080/03066150.2010.538584
11. Wezel A., Goris M., Bruil J., Félix G. F., Peeters A., Bàrberi P., Bellon S. & Migliorini P. Challenges and actions points to amplify agroecology in Europe. *Sustainability (Switzerland).* 2018. Vol. 10(5). P. 1598. URL: <https://pureportal.coventry.ac.uk/en/publications/challenges-and-action-points-to-amplify-agroecology-in-europe> (data zvernennia: 10.07.2024).
12. Ceres Investor Network on Climate Risk and Sustainability. Ceres. URL: <https://www.ceres.org/networks/ceres-investor-network>. (data zvernennia: 10.07.2024).
13. Sustainable Banking Network – Members. International Finance Corporation, World Bank Group. URL: [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics\\_ext\\_content/ifc\\_external\\_corporate\\_site/sustainability-at-ifc/company-resources/sustainable-finance/sbn\\_members](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/company-resources/sustainable-finance/sbn_members). (data zvernennia: 10.07.2024).
14. The Green Growth Action Alliance Unlocking

private finance for green growth. *World Economic Forum*. June 2013. URL: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GreenGrowth\\_G2A2\\_Overview\\_2013.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GreenGrowth_G2A2_Overview_2013.pdf). (data zvernennia: 10.07.2024).

**15.** Orhan Dengiz, Mustafa Usul. Multi-criteria approach with linear combination technique and analytical hierarchy process in land evaluation studies. *Eurasian J Soil Sci*. 2018. Vol. 7(1). P. 20–29.

**16.** Berawi M. A., Suwartha N., Salsabila F., Gunawan Miraj P. and Woodhead R. Land value capture modeling in commercial and office areas using a big data approach. *International Journal of Technology*. 2019. Vol. 10, no. 6. Pp. 1150–1156. URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i6.3640>. (data zvernennia: 10.07.2024).

**17.** Tetiana Ostapchuk, Kateryna Orlova, Svitlana Biriuchenko, Andrii Dankevych, Galyna Marchuk. Defuzzification in the process of managerial estimating. *Agricultural and Resource Economics*. 2021. Vol. 7, No. 4. P. 62–65.

**18.** Ostapchuk T., Orlova K., Biriuchenko S., Dankevych A., & Marchuk G. Defuzzification in the process of managerial estimating the value of agricultural lands. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2021. Vol. 7(4). P. 62–81. URL: <https://doi.org/10.51599/are.2021.07.04.04>. (data zvernennia: 10.07.2024).

**19.** Podhrázská J., Kučera J., Karásek P., Konečná J. Land degradation by erosion and its economic consequences for the region of South Moravia (Czech Republic). *Soil & Water Res*. 2015. Vol. 10. P. 105–113.

**20.** Petro Skrypchuk, Viktor Zhukovskyy, Halyna Shpak, Nataliia Zhukovska, Halyna Krupko. Applied Aspects of Humus Balance Modelling in the Rivne Region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. August 2020. Vol. 21, Issue 6. P. 42–52. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/123255/> (data zvernennia: 10.07.2024).

**21.** Khalep Y., & Moskalenko A. Ecological and economic aspects of the efficiency of Polissia organic plant models. *Agricultural and Resource Economics. International Scientific E-Journal*. 2020. Vol. 6(4). P. 5–19. URL: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.01> (data zvernennia: 10.07.2024).

**22.** Marsden T. From post-productionism to reflexive governance: contested transitions in security more sustainable food futures. *Journal of Rural Studies*. 2013. Vol. 29. P. 123–134. doi: 10.1016/j.rurstud.2011.10.001

**23.** Humusbilanz-Rechner ... URL: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/apps/humusbilanz-rechner.html> (data zvernennia: 10.07.2024).

---

**Bida P. I., Candidate of Engineering (Ph.D.), Senior Lecturer** (Rivne Vocational College of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, Rivne), **Vasyliuk-Poliushek M. O., Applicant** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **INNOVATIONS IN LAND MONITORING: GIS TECHNOLOGIES, AGRONOMY AND SUSTAINABLE ASPECTS OF LAND USE**

**The article reveals the innovative principles of informatization in agricultural land use regarding the assessment of land quality and planning of potential harvests in view of natural and climatic conditions. The experience of using EOS Data Analytics resources, which provides an opportunity to carry out agricultural work taking into account the types and quality of soils, has been updated; climatic and hydrological conditions; different phases of plant development; yield forecast, etc. Such solutions contribute to the creation of information related to agronomic activities in digital form. It has been confirmed that the complex of satellite analytics helps to determine the indicators of the harvest during the vegetation period, to carry out its comparison.**

**It has been proven that innovations in land monitoring, such as: GIS technologies, natural-climatic and agronomic data in one software product, land use technologies with real natural-climatic phenomena, will be components of the ecological assessment of the safety of agricultural land use, which includes a systematic assessment of the complex of land use factors in different scales and with different purpose in time; determining the quality and anthropogenic load on agricultural land; zoning of the territory in relation to ecological, climatic, degradation phenomena; the transparency of agricultural activity in relation to the openness of environmental data, for example, the impact on soil quality of intensive agricultural technologies and soil compaction, etc.**

**The main ways of state regulation of food security are analysis and forecasting of the situation on the food market; organization and implementation of state programs on agricultural production, state support of agricultural producers. Therefore, the main tasks of state regulation to ensure the necessary level of food security in Ukraine are to adjust the agricultural system in such a way as to increase its**



**resistance to external factors, including through information on monitoring land use, improving the rational use of soil, self-sufficiency of agricultural producers and prudent use of production resources.**

**Global experience shows a significant pace of transformation in agricultural land use: the use of information technology, artificial intelligence, and Earth observation satellites that provide information to farmers and landowners through modern environmental and agrochemical monitoring of soil quality.**

**Therefore, in order to implement innovations, we consider it expedient to apply comprehensive measures of state support for agribusiness, financing environmental protection as an element of the agrarian land use system from the state budget.**

***Keywords:* innovation; innovation; monitoring; agronomy; soil quality; land use.**

**УДК 631.45:631.878:631.867**

<https://doi.org/10.31713/vs320242>

**Брошчак І. С., к.с.-г.н., доцент** (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, ORCID 0009-0002-9852-3514, i.broshchak@gmail.com); **Мандрико М. В., директор** (ТОВ «ЛІГНІТ +» (с. Ільниця, Хустський р-н, Закарпатська обл., tzovlignitplus@ukr.net), **Ориник Б. І., головний інженер-грунтознавець, Бровко О. З., завідувач лабораторії** (Тернопільський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона», м. Тернопіль, ORCID 0000-0003-2878-5754, bogdanorynyk@gmail.com; ORCID 0000-0001-9457-0896, terno\_rod@ukr.net), **Гуйван М. Д., фізична особа-підприємець** (с. Добрівляни, Чортківський р-н, Тернопільська обл., Guivan\_co@ukr.net), **Турчина К. П., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, k.p.turchina@nuwm.edu.ua)

## **ВПЛИВ ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА «ORGANIC MAX» НА ПОКАЗНИКИ РОДЮЧОСТІ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ПОМІДОР**

Представлено результати досліджень зміни показників родючості закритого ґрунту (у двох плівкових теплицях) при внесенні нового органічного добрива («Organic MAX») на основі лігніту (бурого вугілля) та відходів тваринного походження (курячого посліду з вологістю до 60%). Вносили три види добрива, а саме: подрібнений лігніт (до фракції 0–5 мм), «Organic MAX-20» (лігніт + 20% курячого посліду) у першій теплиці і «Organic MAX-30» (лігніт + 30% курячого посліду) у другій теплиці у 2022 році. При внесенні п'яти тонн добрив на один гектар виявлено підвищення вмісту гумусу на 0,31% та 0,38% при збільшенні частки курячого посліду в першій теплиці із 1,93% до 2,41% у другій. Відповідно спостерігалось збільшення вмісту легкогідролізованого азоту на 28–67,2 мг/кг та рухомих сполук калію на 12,9–56 мг/кг. Найбільше внесення добрив сприяло накопиченню рухомих сполук фосфору, їх вміст зріс на 20,6–81,7 мг/кг ґрунту. Спостерігалось зростання суми увібраних основ і зменшення кислотності ґрунтового розчину. У 2023 році додатково внесли п'ять тонн «Organic MAX-30» у двох теплицях, що сприяло збільшенню усіх показників, особливо рухомих сполук фосфору (перейшов у групу дуже високого

забезпечення). У результаті двох років внесення органічного добрива у закритий ґрунт гумус перейшов з групи низького забезпечення у групу середнього; фосфор із групи дуже низького і низького забезпечення – у групу дуже високого; калій із групи середнього і підвищеного – у групу високого і дуже високого забезпечення; значно зріс азот, а також сума увібраних основ. Також було досліджено вплив нового добрива «Organic MAX-20» на врожайність двох гібридів помідор: Суомі (сливки) і Каста (салатний). Внесення даного добрива забезпечило приріст врожайності сорту Суомі 576 кг (65%) і гібриду Каста 476 кг (39%). Усі вищенаведені дані свідчать про високу ефективність даного органічного добрива.

**Ключові слова:** лігніт; курячий послід; родючість ґрунту; помідори; урожайність.

**Постановка проблеми.** В Україні зосереджено великі запаси чорноземів, але їх родючість падає внаслідок порушення науково обґрунтованих принципів землеробства. Компенсація втрати родючості здійснювалась за рахунок збільшення розораності ґрунтів (57,3%), що в 1,5–2 рази перевищує країни Західної Європи і в 3 рази США (19%). Необхідно впроваджувати заходи щодо зменшення орних земель на 24% [1–3].

Основним шляхом компенсації у світі є внесення мінеральних добрив (300 і більше кг д.р. на 1 га в оптимальних співвідношеннях елементів). Проте, на сьогодні внаслідок збільшення закупівельних цін через збільшення цін на газ внесення їх значно скоротилося. Вносяться переважно азотні добрива, а питання фосфорних та калійних поки що невирішене. Тому створення нових сучасних добрив для підвищення родючості ґрунтів є надзвичайно важливим.

В умовах зростання екологічних загроз зростає попит на екологічно чисту продукцію. Спостерігається посилення інтересу до органічного землеробства, яке передбачає повторне використання органічних речовин (гною, нетоварної частини врожаю (кореневі рештки, бадилля, солома), сидератів, компосту, вермикомпосту, органічних відходів, сапропелів, торфу та ін.) і відмову від використання хімічних – мінеральних добрив, пестицидів. Органічні добрива є головним фактором підвищення родючості ґрунтів. Тому

постійно триває робота над створенням нових ефективних видів добрив на органічній основі.

**Метою** роботи було дослідження впливу нового органічного добрива на основі лігніту (буре вугілля) та курячого посліду («Organic MAX») на показники родючості закритого ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур (помідори).

**Аналіз досліджень та публікацій.** Серед органічних добрив окремо виділяється група речовин органічної природи – гумінові добрива, які отримують з торфу, бурого вугілля, сапропелю. Елементи живлення у них присутні у вигляді органічних сполук і стають доступними для рослин після їх трансформації в мінеральні форми. Гуміни є міцними з'єднаннями гумінових та фульвокислот з ґрунтовими мінералами. Вони стимулюють ріст рослин, виступають джерелом елементів живлення, тільки коли переходять у фізіологічно активний стан під впливом дії підвищених температур, гною, пташиного посліду, мінеральних сполук.

Але насамперед вони змінюють фізичні властивості ґрунту: покращують структуру, водопроникність важких ґрунтів, зменшують їх щільність. Після внесення уже в перший рік спостерігається посилення мікробіологічної активності. В ґрунтах із внесеними гуміновими добривами посилюється рухливість фосфору; зростає доступність рослинам органічного азоту. Крім того, вони знижують вплив несприятливих факторів розвитку рослин [4–10].

Ефективність цих добрив на різних ґрунтах різна. Найкраще вносити їх на низькородючих та неструктурних ґрунтах.

Лігніт, збагачений курячим послідом, — це новостворене добриво «Organic MAX», яке набуває кращих характеристик і забезпечує високу ефективність як у відкритому, так і у закритому ґрунті. Завдяки кращому засвоєнню поживних речовин може бути зменшена кількість внесених у ґрунт мінеральних добрив, що має економічну та природозахисну дію.

**Матеріали та методи досліджень.** Відбір та аналітичні дослідження проб ґрунту регламентувались відповідними ДСТУ, ТУ та іншими нормативами (табл. 1).

Таблиця 1

Перелік методик, стандартів, нормативних документів, за якими проводились агрохімічні дослідження ґрунту

Показники	Методи досліджень
Показники родючості ґрунтів	ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів
Відбирання проб	ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб
Оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу	ДСТУ ISO 11464-2007. Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу
Реакція ґрунтового розчину (рН)	ДСТУ ISO 10390:2022. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT)
Гідролітична кислотність	ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності
Органічна речовина (гумус)	ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини
Легкогідролізований азот	ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда
Рухомі сполуки фосфору і калію	ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського

Польові дослідження з випробування нових добрив проводили протягом 2022–2023 років у ФГ «Меланчук», с. Теково Берегівського району (колишній Виноградівський) Закарпатської області. Аналізи виконувались на базі аналітичної лабораторії Закарпатської філії ДУ «Держґрунтохорона».

Схема закладки дослідів передбачала визначення впливу органічного добрива на основі лігніту «Organic MAX» на показники родючості закритого ґрунту і на продуктивність вирощуваних культур у закритому ґрунті (плівковій теплиці) при вирощуванні помідорів.

На ділянках здійснювали удобрення згідно з розрахунками, проведеними за результатами агрохімічних досліджень. Добрива «Organic MAX» на основі лігніту у тепличних ґрунтах вносили з розрахунку 5,0 т/га або 500 кг на 1000 квадратних метрів. Для достовірності досліджень в господарстві дотримувались єдності усіх факторів з одночасного проведення агротехнічних заходів та прийомів на усіх площах, спостерігаючи за фазами розвитку культур.

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

- чистий лігніт, подрібнений;
- «Organic MAX-20» (лігніт + 20% курячого посліду);
- «Organic MAX-30» (лігніт + 30% курячого посліду).

**Результати досліджень.** Вивчення впливу добрив на основі лігніту у закритому ґрунті показало високу їх ефективність. Результати аналізу ґрунтосуміші свідчать, що при застосуванні п'яти тонн добрив на 1 га вміст гумусу збільшувався поступово з наростанням частки курячого посліду у лігніті, він із низького забезпечення (1,97%) підвищився до середнього – 2,28% (табл. 2).

Відповідно зростала у ґрунті і кількість доступного для рослин азоту, хоча він у найбільшому дефіциті. Застосування «Organic MAX» найбільше сприяло накопиченню рухомих сполук фосфору, уміст яких із низького забезпечення (27,2 мг/кг) зростав до середнього (47,8 мг) при застосуванні чистого лігніту і до 54,5 мг при застосуванні «Organic MAX-20». Уміст рухомих сполук калію також зріс із 76,4 мг/кг (низьке забезпечення) до 89,3102,0 мг/кг (середнє забезпечення), зростає сума увібраних основ.

У 2023 році у цій теплиці було внесено ще 5,0 тонн «Organic MAX-30», що посприяло збільшенню всіх показників і особливо вмісту рухомих сполук фосфору, де зафіксовано 208,5 мг/кг ґрунту, що відповідає дуже високому вмісту. У другій теплиці протягом двох вегетаційних періодів застосовували «Organic MAX-30», що сприяло збільшенню як органічних, так і мінеральних поживних речовин досить помітно.

Для проведення досліджень впливу нового органічного добрива на врожайність сільськогосподарських культур висадили два сорти помідор на ділянку (1000 квадратних метрів) по 500 штук, на якій добрива не застосовували, а залишили у природному стані. І така ж кількість даних культур була висаджена на другій ділянці, на якій внесли «Organic MAX-20» з розрахунку 5,0 т/га або 500 кг на 1000 квадратних метрів. Вирощували два гібриди Суомі (сливки) та Каста (салатний). Технологічні елементи вирощування помідорів були однаковими щодо агротехнічних робіт, застосування засобів захисту, підживлення мінеральними добривами.

Результати досліджень показали, що приживання розсади на удобрюваних ділянках було помітно краще; бутонізація і цвітіння також почалось на 3–4 дні раніше, відповідно перші збори урожаю були вищими, що наглядно видно у табл. 3.

Таблиця 2

## Вплив «Organic MAX» на агрохімічні властивості ґрунту у плівкових теплицях

Варіанти дослідів	Норма внесення, т/га	Гумус,	N, азот легко-гідролізований	P205, фосфор рухомий		K20, калій рухомий	pHКCl, обмінна кислотність	Сума увібраних основ
		%		мг/кг ґрунту		одиниць pH	ммоль/100 г ґрунту	
<i>Теплиця 1</i>								
контроль	без добрив	1,97	28,0	27,2		76,4	5,05	11,5
Лігніт	5,0	2,28	56,0	47,8		89,3	5,13	11,8
«Organic MAX-20»	5,0	2,35	70,0	54,5		102,0	6,30	21,6
2023 р. «Organic MAX-30»	5,0	2,45	91,6	208,5		161,3	6,69	25,8
<i>Теплиця 2</i>								
контроль	без добрив	1,93	58,8	19,2		85,0	5,12	12,3
«Organic MAX-30»	5,0	2,41	126,0	100,9		141,0	5,96	14,1
2023 р. «Organic MAX-30»	5,0	2,56	157,6	267,5		209,7	6,40	21,4



Урожайність помідорів залежно від застосованих добрив «Organic MAX-20», 2022 рік, кг

Урожайність, кг						
Дата збору урожаю	Гібрид Каста			Гібрид Суомі		
	Без добрив (контроль), 500 шт. рослин	«Organic MAX-20» 5 т/ га, 500 шт. рослин	+ до контролю	Без добрив (контроль), 500 шт. рослин	«Organic MAX-20», 5 т/га 500 шт. рослин	+ до контролю
27.07	24,0	48,0	+24,0	24,0	120,0	+96,0
31.07	48,0	120,0	+72,0	72,0	120,0	+48,0
02.08	144,0	192,0	+48,0	96,0	144,0	+48,0
06.08	288,0	360,0	+72,0	144,0	240,0	+96,0
11.08	240,0	384,0	+144,0	264,0	312,0	+48,0
14.08	288,0	308,0	+20,0	168,0	312,0	+144,0
20.08	192,0	288,0	+96,0	120,0	216,0	+96,0
Усього	1224,0	1700,0	+476,0	888,0	1464,0	+576,0



Салатний гібрид Каста забезпечив більший вихід товарної продукції загалом за час спостережень (1700 кг). Пік урожайності гібрид Каста досяг 11 серпня (384 кг), що на 144 кг більше від варіанту без внесення добрив. Після чого спостерігається спад урожайності, однак ще зберігається на високому рівні. Загалом за період спостережень приріст урожаю становив по гібриду Каста 476 кг.

Перші збори гібриду Суомі протягом липня місяця були вищими (240,0 кг), проти 168 кг гібриду Каста. Цей гібрид також забезпечив найвищий вихід товарної продукції в середині серпня місяця, де протягом двох зборів отримали по 312 кг урожаю. Загалом за період спостережень приріст урожаю гібриду Суомі становив — 576 кг, що свідчить про високу віддачу органічного добрива на основі лігніту «Organic MAX-20».

**Висновки.** За результатами проведених у 2022–2023 роках науково-дослідних лабораторних і польових досліджень щодо вивчення використання органічного добрива на основі лігніту та курячого посліду «Organic MAX» і його впливу на покращення родючості закритих ґрунтів та ефективність у сільськогосподарському виробництві можна зробити висновок, що використання «Organic MAX» значно покращило агрохімічні властивості ґрунтосумішей у плівкових теплицях, чим забезпечило високу урожайність гібридів помідорів Каста і Суомі.

Підвищився вміст гумусу на 0,48–0,63%, легкогідролізованого азоту – на 63,6–98,8 мг/кг ґрунту, рухомих сполук калію – на 84,9–124,7 мг/кг і найбільше рухомих сполук фосфору – на 181,3–248,3 мг/кг ґрунту.

Врожай гібриду помідор Суомі (сливки) зріс на 576 кг на гектар і гібриду помідор Каста (салатний) зріс на 476 кг на гектар.

Новостворене органічне добриво «Organic MAX» показало високу ефективність у закритому ґрунті. Виходячи з проведених досліджень можна рекомендувати внесення екологічно чистого органічного добрива «Organic MAX» у закритий ґрунт при вирощуванні овочевих культур, що забезпечить покращення агрохімічних властивостей ґрунтосумішей і підвищення врожайності вирощуваних культур.

1. Палапа Н. В., Гончар С. М. Екологічні ризики, пов'язані із сільськогосподарською діяльністю людини. *Агроекологічний журнал*. 2022.

№ 1. С. 68–80. **2.** Бандурович Ю. Ю., Фандалюк А. В., Романова С. А., Полічко В. С. Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів Закарпаття. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 4. С. 46–52. **3.** Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (керівний нормативний документ) / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. Київ, 2019. 108 с. **4.** Писаренко В. М., Писаренко П. В. Органічні добрива на захисті родючості ґрунту : монографія. Полтава, 2022. 156 с. **5.** Дребот О. І., Лазаренко В. І. Оцінка передумов розвитку органічного сільського господарства. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 108–115. **6.** Бортнік А. М., Бортнік Т. П., Гаврилюк В. А. Ефективність меліясних відходів за вирощування картоплі (*Solanum tuberosum*) як нового перспективного органічного добрива. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 110–118. **7.** Скрильник Є. В., Артем'єва К. С. Перспективи використання місцевих сировинних ресурсів у виробництві поліпшувачів ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 4 (829). С. 72–78. **8.** Зінченко В. О., Вовк О. О., Новик В. Ефективність рідких органічних добрив ЕКО-ГУМАТ в рослинництві. *Біотехнологія для аграрного виробництва та захисту природного середовища : XII міжнародна конференція daRostim*. 2016. (07–10 вересня 2016 р. Одеса). С. 85–87. **9.** 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. **10.** 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.

## REFERENCES:

**1.** Palapa N. V., Honchar S. M. Ekolohichni ryzyky, poviazani iz silskohospodarskoiu diialnistiu liudyny. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2022. № 1. S. 68–80. **2.** Bandurovych Yu. Yu., Fandaliuk A. V., Romanova S. A., Polichko V. S. Ekoloho-ahrokhimichna otsinka gruntiv Zakarpattia. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2017. № 4. S. 46–52. **3.** Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia (kerivnyi normatyvnyi dokument) / za red. I. P. Yatsuka, S. A. Baliuka. Kyiv, 2019. 108 s. **4.** Pysarenko V. M., Pysarenko P. V. Orhanichni dobryva na zakhysti rodiuchosti gruntu : monohrafiia. Poltava, 2022. 156 s. **5.** Drebot O. I., Lazarenko V. I. Otsinka peredumov rozvytku orhanichnoho silskoho hospodarstva. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2023. № 4. S. 108–115. **6.** Bortnik A. M., Bortnik T. P., Havryliuk V. A. Efektyvnist meliasnykh vidkhodiv za vyroshchuvannia kartopli (*Solanum*

tuberosum) yak novoho perspektyvnoho orhanichnoho dobrova. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2023. № 1. S. 110–118. **7.** Skrylnyk Ye. V., Artemieva K. S. Perspektyvy vykorystannia mistsevykh syrovynnykh resursiv u vyrobnytstvi polipshuvachiv gruntu. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2022. № 4 (829). S. 72–78. **8.** Zinchenko V. O., Vovk O. O., Novyk V. Efektyvnist ridkykh orhanichnykh dobrov EKO-HUMAT v roslynnytstvi. *Biotekhnolohiia dlia ahrarnoho vyrobnytstva ta zakhystu pryrodnoho seredovyshcha* : XII Mizhnarodna konferentsiia daRostim. 2016. (07–10 veresnia 2016 r. Odesa). S. 85–87. **9.** Zinchenko V. O., Ivantsov P. D., Mandryko M. V. Biolohichni sposoby (pryomy) vidtvorennia i pidvyshchennia rodiuchosti gruntu v orhanichnomu silskomu hospodarstvi. *Visnyk Zhytomyrskoho ahrotekhnichnoho koledzhu*. Zhytomyr, 2021. Vyp. 3. S. 27–32. **10.** 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. *Mikrobni 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.

---

**Broshchak I. S., 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), **Orynyk B. I., Chief Engineer-soil Scientist, Brovko O. Z., Head of the Laboratory** (Ternopil Branch of State Institution "Soils Protection Institute of Ukraine"), **Huivan M. D., Entrepreneur** (Dobrivlyany village, Chortkivsky district, Ternopil region),  
**Turchyna K. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **INFLUENCE OF "ORGANIC MAX" ORGANIC FERTILIZER ON FERTILITY INDICATORS OF CLOSED SOIL AND YIELD OF TOMATOES**

**The results of studies of changes in fertility indicators of closed soil (in two film greenhouses) when introducing a new organic fertilizer ("Organic MAX") based on lignite (brown coal) and animal waste (chicken droppings with humidity up to 60%) are presented. Three types of fertilizer were applied, namely, crushed lignite (to a fraction of 0–5 mm), "Organic MAX-20" (lignite of 20% chicken droppings) in the first greenhouse and "Organic MAX-30" (lignite of**

**30% chicken droppings) in the second greenhouse in 2022. When five tons of fertilizers were applied per hectare, an increase in humus content by 0.31% and 0.38% was detected with an increase in part of the chicken droppings in the first greenhouse from 1.93% to 2.41% in the second. Accordingly, an increase in the content of readily hydrolyzed nitrogen by 28–67.2 mg/kg and mobile potassium compounds by 12.9–56 mg/kg was observed. The largest application of fertilizers contributed to the accumulation of mobile phosphorus compounds, their content increased by 20.6–81.7 mg/kg of soil. There was an increase in the sum of absorbed bases and a decrease in the acidity of the soil solution. In 2023, an additional five tons of Organic MAX-30 were added in two greenhouses, which contributed to an increase in all indicators, especially mobile phosphorus compounds (moved to the very high support group). As a result of two years of applying organic fertilizer to closed soil, humus moved from the low provision group to the medium provision group; phosphorus from the group of very low and low support – to the group of very high; potassium from the group of medium and high – to the group of high and very high provision; nitrogen increased significantly, as well as the sum of the absorbed bases. The effect of the new fertilizer "Organic MAX–20" on the yield of two tomato hybrids: Suomi (plums) and Casta (salad) was also investigated. The application of this fertilizer provided an increase in the yield of the Suomi variety 576 kg (65%) and the Kasta hybrid 476 kg (39%). All the above data demonstrate the high efficiency of this organic fertilizer.**

***Keywords:* lignite; chicken droppings; soil fertility; tomatoes; yield.**

**Буглак С. Ю., здобувач третього рівня вищої освіти** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, s.yu.buglak@nuwm.edu.ua)

## **ЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ МІКРО-МАКРОЕЛЕМЕНТІВ ТА НАСЛІДКІВ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ПОШИРЕНІСТЬ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ ТА ПАТОЛОГІЇ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ СЕРЕД НАСЕЛЕННЯ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

В статті наведено погляди авторів, огляд літератури з приводу впливу деяких мікро-макроелементів та наслідків аварії на ЧАЕС на виникнення цукрового діабету та патології щитоподібної залози серед населення Рівненщини та України.

Встановлено, що починаючи з перших моментів життя зародка виникає потреба в підтримці стабільності його внутрішнього середовища та забезпеченні взаємовідносин із навколишнім оточенням. На ранніх етапах онтогенезу вказані функції здійснюються шляхом гуморальної регуляції за допомогою циркулюючих біологічно активних речовин, котрі в міру формування спеціалізованих на їх продукції клітин та органів отримують властивості справжніх гормонів.

Саме нестача йодованих гормонів в організмі дитини на ранніх етапах післянатального життя є вирішальним патогенетичним чинником розумової недостатності – провідної складової синдрому кретинізму.

Доведено, що підґрунтям лавиноподібного поширення ендокринних і гормонально залежних захворювань разом із генетичною детермінацією є умови розвитку плода в утробі матері повинно призвести до переосмислення значення здійснення широких соціально-охоронних заходів по відношенню до вагітної жінки, спрямованих на збереження її психо-емоційного та фізичного здоров'я, починаючи з ранніх етапів виношування дитини.

**Ключові слова:** хімічні макро-мікроелементи; наслідки аварії на ЧАЕС; ендокринні захворювання; цукровий діабет; пубертат; патологія щитоподібної залози; ендемічні і неендемічні регіони.

**Постановка проблеми.** Цукровий діабет (ЦД) – хронічне ендокринно-обмінне захворювання, зумовлене абсолютною чи відносною недостатністю інсуліну внаслідок поєданого впливу різних ендогенних (генетичних та екзогенних) чинників, що призводять до порушення всіх видів обміну речовин, ураження судин, нервів, різних органів і тканин.

У світі нараховується приблизно 420 млн хворих на ЦД, зокрема в Україні – 2 млн 600 тис., і йде тенденція до збільшення кількості хворих. Якщо раніше ЦД уражав старших людей, то тепер недуга значно помолодшала, все частіше хворіють діти та підлітки. Тобто це захворювання є серйозною соціальною проблемою.

Загроза погіршення суспільного здоров'я обумовлена, крім інших факторів, техногенними хімічними речовинами. За статистикою, на початок XXI ст. (2001) в Україні у розрахунку на душу населення викиди в атмосферу становили 183 т, у поверхневій воді – 178 т, у земельні ресурси – 944 т. Наприклад, за добу сучасний нафтопереробний комбінат може викинути в атмосферу до 520 т вуглеводню, 1,8 т сірководню, 600 т оксиду вуглецю і 310 т сульфідів йоду. Постійно збільшується вміст у біосфері вуглекислоти, шкідливих органічних речовин і аерозолів.

Підвищений вміст у навколишньому середовищі шкідливих хімічних сполук призводить до формування віддалених наслідків, тобто розвитку хворобливих станів через певні періоди від їх надходження в організм людини. Як свідчать дослідження, розвиток захворювань серцево-судинної системи, особливо атеросклерозу, спричиняють сірковуглець, свинець і фториди. Особливо небезпечними є вроджені пороки внаслідок дії хімічних мутагенів. За даними ВООЗ, у 20% випадків здоров'я населення формується під впливом генетичних факторів, тобто мутацій, що накопичувались протягом попередніх поколінь, передусім під впливом хімічних забруднень.

Реальну загрозу виникнення злоякісних пухлин спричинює наявність у повітрі промислових і житлових зон хімічних канцерогенів. За даними Міжнародного агентства з вивчення ракових захворювань, темпи їх поширення випереджають темпи росту населення у світі.

Крім шкідливих хімічних речовин на суспільне здоров'я впливають іонізуюче випромінювання, електромагнітні поля, шум,

вібрації, продукти сучасних біотехнологій. У зв'язку з цим в організмі людини постійно мусять спрацьовувати механізми адаптації, захисні функції яких, однак, не є безмежними, через що збільшується кількість захворювань, інвалідності, смертності населення.

У деяких медичних дослідженнях критеріями оцінювання суспільного здоров'я пропонується вважати також тимчасову чи постійну втрату працездатності, поширеність психоемоційних розладів, частоту самогубств, рівень травматизму тощо. Ці показники, безперечно, є важливими, хоч вони більше характеризують відхилення від здоров'я суспільства, тобто свідчать про суспільну патологію.

В Україні здоров'я населення оцінюють через систему кількісних показників суспільного здоров'я, найважливішими з яких є смертність, захворюваність, інвалідність і фізичний розвиток.

Негативні наслідки взаємовпливу людини та природи, як правило, рано чи пізно позначаються на стані її здоров'я. Тому проблеми здоров'я завжди посідали важливе місце в соціальному, економічному та культурному житті суспільства. Дослідники багатьох наукових напрямів намагалися пізнати цей феномен, щоб навчитися керувати ним, економно використовувати його протягом усього життя та знаходити засоби для його збереження.

Висока поширеність ендокринних захворювань, тенденція до зростання цієї патології вимагає вивчення патогенетичних механізмів їх розвитку, впровадження послідовних методів діагностики, профілактики та лікування [3].

Порушення функції залоз внутрішньої секреції сприяє формуванню затримки статевого та фізичного розвитку, інтелекту, особливо у жителів, що мешкають в регіоні йодного дефіциту [10]. Відомо, що частота патології щитоподібної залози у мешканців йододефіцитного регіону, за даними епідеміологічних досліджень, складає від 12,5 на 10 тис. населення у 2009 р. до 116,3 – у 2019 р. і займає одне із перших місць серед населення України.

Дослідженнями встановлена закономірність у поширеності тиреоїдної патології серед жителів залежно від йодозабезпеченості регіону. Її частка складає 160,7 випадків на 10000 населення в регіонах із вираженим йододефіцитом, 101,2 – в регіонах із частково вираженим йододефіцитом, 55,9 – в регіонах із помірним йододефіцитом і 21,6 – в регіонах із незначним йододефіцитом і достатньою йодозабезпеченістю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні фізико-хімічні методи дають змогу визначити понад 80 хімічних елементів у природній воді. Їх умовно розділяють на макро- та мікроелементи. Головними макроелементами в природних водах є кальцій, калій, натрій, магній, хлор. В організмі людини ця група хімічних елементів міститься в порівняно великих кількостях. Вони забезпечують функціонування всіх систем і органів, з них побудовані клітини тіла, без них неможливий обмін речовин.

До основних мікроелементів поверхневих вод належать: залізо, мідь, цинк, манган, хром, селен, молібден, йод, кобальт, арсен, бор, бром, фтор, нікель, ванадій, алюміній, кадмій, свинець, ртуть, олово, титан та ін. Мікроелементи в організмі людини містяться в мізерних концентраціях, але забезпечують перебіг найважливіших біохімічних реакцій, у результаті яких виділяється енергія для підтримання життєдіяльності, відбувається поділ і ріст клітин, здійснюється імунний захист, забезпечується баланс внутрішнього середовища організму тощо.

Мікро- та макроелементи в організм людини можуть надходити з їжею, водою та з повітря. Позитивний чи негативний вплив хімічного елементу на організм людини залежить кількості, в якій хімічній формі він знаходиться та до складу якої сполуки входить. Фізіологічний баланс хімічних елементів може порушуватися за недостатнього або надлишкового надходження (табл. 1, 2, 3).

Таблиця 1

Життєво необхідні, незамінні мікроелементи

1.	Залізо	6.	Цинк	11.	Нікель
2.	Йод	7.	Молібден	12.	Олово
3.	Магній	8.	Кобальт	13.	Кремній
4.	Ванадій	9.	Селен	14.	Фтор
5.	Мідь	10.	Хром		

Таблиця 2

Середньодобове споживання людиною деяких важких металів як мікроелементів

№ з/п	Елемент	Границі, розмірність, мкг	Можливе середнє, мг
1	Залізо	10–22	18
2	Цинк	10–15	12
3	Манган	2–4	3



продовження табл. 2

4	Мідь	1–3	2
5	Нікель	300–500	400
6	Плюмбум	300–500	350
7	Молібден	200–600	330
8	Кобальт	140–580	310
9	Кадмій	200–500	300

Таблица 3

## Роль макроелементів в організмі людини

Макро-елементи	Роль і функції в організмі	Симптоми дефіциту	Симптоми надлишку
1	2	3	4
<b>Кальцій</b>	Бере участь у формуванні скелета; сприяє згортанню крові; підтримує рівновагу між порушенням і гальмуванням кори головного мозку; бере участь у скороченні м'язів, розщепленні глікогену; при екзогенному введенні; діє як антацид	Підвищена крихкість кісток, нігтів, зубів, деформація хребта, припинення росту, оніміння й відчуття поколювання в кінцівках, болючість ясен, нервозність, безсоння, судоми, збудження, гіпертензія, екзема	Біль у кістках і м'язах, міастенія, порушення балансу при ході, пригнічення рефлексів, нудота, блювання, сплутаність свідомості, психози, амнезія, брадіаритмія, депресія, дратівливість, анорексія, короточасна німота
<b>Магній</b>	Бере участь у формуванні кісток, необхідний для їх росту; регулює функції нервів і м'язів, включаючи серцевий; зміцнює зубну емаль; бере участь у білковому, жировому, вуглеводневому й енергетичному обміні, у структуруванні ДНК і РНК; обміні Са і вітаміну С	Гемолітична анемія, аритмія, тахікардія, ущільнення в м'яких тканинах, гіпо- та гіпертензія, депресії, сверблячка, апатії, м'язові дистрофія й судоми, втома, гіперактивність, гіпотермія, запори, захворювання ШКТ, загострення передменструального синдрому	При порушенні функції нирок можуть розвиватися симптоми надлишку (особливо при прийомі Mg), що проявляються сухістю у роті, брадикардією, підвищеною стомлюваністю, гіпотензією, м'язовою слабкістю, спрагою, нудотою, блюванням, утрудненням дихання

продовження табл. 3

<b>Натрій</b>	Бере участь у скороченні м'язів, передачі нервових імпульсів, утворенні шлункового соку; регулює функції крові, лімфи, нирок, гідрофільності тканин, кислотно-лужний баланс; активує ферменти підшлункової й слинних залоз	Непритомність, апатія, стомлюваність, м'язові спазми, метеоризм, набряки, гіпотензія, тахікардія, анорексія, нудота, втрата маси тіла, лабільність настрою, зниження імунітету; рідко: затемнена свідомість, галюцинації, летаргія	Навантаження на нирки; набряки, часте сечовипускання, гіпертензія, тремор, судоми, спрага, м'язова й нервова дратівливість, анорексія, застійна серцева недостатність, затьмарення свідомості
<b>Калій</b>	Бере участь у підтримці ритму серця; скороченні м'язів, регуляції переносу поживних речовин і водно-електролітного балансу в клітинах і тканинах, регуляції секреції шлункового соку	Слабкість, дистрофія, параліч, набряки, нудота, блювання, гіпотензія, тахіаритмія, зупинка серця, гіперхолестеринемія, порушення передачі нервових імпульсів, сухість і гіпоестезія шкіри	Аритмії чи тахікардія, параліч, конвульсії, слабкість, гіпотензія, уповільнене мислення, утруднення мови
<b>Хлор</b>	Водний обмін, утворення шлункового соку, формування плазми крові; активація ферментів, підтримка електролітного балансу, кислотно-лужної рівноваги, нервових і м'язових функцій	Нудота, блювання, сплутаність свідомості, слабкість, кома	Порушення кислотно-лужної рівноваги у рідинах організму, слабкість, сплутаність свідомості, кома

Головними джерелами надходження кальцію в поверхневі води є процеси хімічного вивітрювання та розчинення мінералів [2], переважно вапняків, гіпсу доломітів, інших осадових і метаморфічних порід.

Вживання питної води з надмірним вмістом кальцію вражає травну систему людини, що призводить до зниження моторики шлунку та накопиченням солі в організмі. Надмірна кількість катіонів

кальцію може негативно позначитися на роботі серцево-судинної системи, адже саме вони контролюють серцевий ритм. Підвищений вміст кальцію у воді та регулярне її вживання, призводить до ревматичних захворювань.

Магній у поверхневій воді надходить переважно внаслідок перебігу процесів хімічного вивітрювання, розчинення доломітів, мергелів, інших мінералів. Значній кількості магнію можуть надходити у водні об'єкти зі стічними водами металургійних, силікатних, текстильних підприємств. Магній регулює біоенергетичні процеси в організмі, впливає на обмінні процеси та роботу серцево-судинної та нервової системи, регулює рівень холестерину в у крові, бере участь у синтезі білків.

Нестача магнію – причина головних болів, безсоння, призводить до закріпів, анемії, тромбозів, погіршення ліпідного обміну, серцево-судинних захворювань з летальними наслідками, неврологічних захворювань і передчасного старіння організму. Надлишок магнію в поєднанні з дисфункцією нирок призводить до брадикардії, гіпотензії, м'язової слабкості.

Також одним із головних компонентів, за якими визначається тип води, є натрій. Надходження натрію в поверхневій воді відбувається за рахунок вивержених та осадових порід, самородних розчинів хлоридів, сульфатів і карбонату натрію.

Натрій необхідний для нормального росту та стану організму і впливає на організм як самостійно, так і в поєднанні з іншими мікро- і макроелементами. Наднормовий вміст натрію в організмі – це підвищена збудливість, вразливість, гіперактивність. У деяких випадках надмірна спрага, невластива людині, пітливість і часте сечовипускання. При нестачі натрію виникають втрата апетиту, зниження смакових відчуттів, шлункові спазми та газоутворення. Людина може відчувати труднощі балансування при ходьбі, запаморочення, швидку втомлюваність. Проблеми з пам'яттю, раптові зміни настрою, слізливість також розглядають як симптоми недостатності макроелемента натрію [4; 10].

Ще одним з основних компонентів природних вод є калій, джерелом надходження якого в поверхневій воді є геологічні породи та розчинені солі. В організмі людини калій підтримує роботу стінок клітин, сприяє збереженню магнію, необхідного для нормалізації роботи серця та підтримки серцевого ритму. Калій, разом з натрієм,

виводить з організму зайву рідину, перешкоджає утворенню набряків, розвитку водянки, бере участь у надходженні кисню до мозку, передає нервові імпульси та підвищує розумову і фізичну активність, виводить із організму шлаки та токсини, тим самим зменшуючи ризик алергічних реакцій. Достатня кількість калію в організмі може захистити від серцево-судинних і ниркових захворювань і є відмінною профілактикою цукрового діабету 2-го типу. Нестача калію може призвести до дистрофії, навіть за наявності дієти, збагаченої білками. Також при дефіциті калію в організмі виникає така проблема, як надлишок натрію, який збільшує обсяг крові та, як наслідок, з'являється аритмія чи тахікардія, слабкість, конвульсії.

Значні кількості хлоридів надходять воду внаслідок обміну з океаном через атмосферу, взаємодії атмосферних опадів із ґрунтами, особливо засоленими, у результаті вулканічних вивержень. Хлор забезпечує осморегуляцію людини, що підтримує нормальний артеріальний тиск, сприяє активному виведенню рідини і солі та підтримується збалансоване співвідношення кількості фізіологічно-необхідних речовин в організмі. Завдяки хлору формується хороший апетит, нормалізується вміст еритроцитів, виведення з клітин токсинів, шлаків і вуглекислого газу, попереджує зневоднення. Нестача хлору в організмі може призвести до порушення кислотно-лужної рівноваги у рідинах організму, слабкість, порушення сечовипускання, підвищення артеріального тиску, погіршення пам'яті, випадіння волосся.

У більшості людей деякі життєво важливі мікроелементи (табл. 1, 2) знаходяться в дефіциті, а токсичні макроелементи – в надлишку. Такий дисбаланс макро- та мікроелементів сприяє формуванню та розвитку фізіологічних порушень, а в окремих випадках є першопричиною патологічних станів.

Мікроелементи, що беруть участь у функціонуванні або токсично впливають на залози внутрішньої секреції, наведені в табл. 4.

Макро- та мікроелементи виконують різні біологічні функції. Вони полягають у здатності включатися у складні структури білкових молекул, впливати на функцію ферментів, посилювати дію деяких гормонів та вітамінів. Тому їх називають «металами життя». Для нормального функціонування організму такі мікроелементи, як Сu,

Mn, Mo, Cr, Co, V, B, тепер рекомендують як харчові добавки з метою профілактики різних захворювань. Крім того, широке застосування знаходять полівітамінні комплексні препарати з мінеральними добавками [1; 4]. Медична мікроелементологія накопичила значний фактичний матеріал про роль і значення збалансованого забезпечення мікроелементами організму в підтриманні нормального гомеостазу [4; 7].

Таблиця 4

Мікроелементи, що беруть участь у функціонуванні, або токсично впливають на залози внутрішньої секреції

Мікроелемент	Залози внутрішньої секреції				
	щитоподібна	підшлункова	статеві	надниркова	гіпофіз
Цинк	+	-	+	+	+
Селен	+	+	+	-	+
Марганець	+	+	+	-	+
Мідь	+	+	+	-	-
Хром	+	+	-	-	-
Кадмій	+	+	+	-	-
Молібден	+	-	-	-	+
Ванадій	+	+	-	-	-
Алюміній	+	-	+	-	-
Кобальт	+	-	+	-	-
Залізо	+	-	-	-	-
Бор	+	-	-	-	-
Фтор	+	-	-	-	-
Кремній	+	-	-	-	-
Нікель	+	-	-	-	-
Ртуть	+	-	-	-	-
Рубідій	++	-	-	-	-
Свинець	+	-	-	-	-
Телур	+	-	-	-	-

*Методи аналізу мікроелементів.* Аналіз описаних у літературі досліджень показує, що для виявлення хімічних речовин і встановлення їх кількісного вмісту в організмі найбільш широко використовуються сучасні інструментальні методи аналізу [7].

Високу чутливість для більшості елементів має

інструментальний нейтронно-активаційний метод і мас-спектрометричний. Недоліком обох методів є необхідність складного обладнання і висока вартість аналізів [7].

Атомно-емісійний аналіз (АЕА) з дуговим збудженням – найбільш старий серед методів багатоелементного емісійного аналізу, простий у виконанні, економічний і доступний. Головною перевагою АЕА є можливість одночасного визначення з достатньо високою чутливістю великої кількості елементів (10–15 елементів з одної проби).

Метод атомно-абсорбційної спектрометрії (ААС) відрізняється високою чутливістю і вибірковістю [7]. Останнім часом для визначення вмісту елементів використовується комплекс, який включає в себе мас-спектрометр з індуктивно-зв'язаною плазмою і рідинний хроматограф.

Також широко використовуються методи газорідинної і тонкошарової хроматографії, високоефективної рідинної хроматографії тощо.

*Групи ризику.* Для формування груп ризику за інтоксикацією металами запропоновано використовувати такі показники, як біологічно допустимий рівень (БДР), критичний рівень (КР) і умовно біологічно допустимий рівень (УБДР) хімічних елементів у біосередовищах [7].

БДР – вміст елемента в організмі або критичному органі, який можна виявити сучасними методами досліджень, що при постійній його наявності в організмі не викликає змін стану здоров'я людини, при значному перевищенні БДР по одному із елементів у багатьох обслідуваних доцільно використовувати інший показник – КР. Це вміст елемента в організмі або критичному органі, при якому спостерігаються біохімічні зміни, пов'язані з токсичним впливом елемента.

УБДР – емпірично встановлений показник, отриманий в акредитованій і ліцензованій (на визначення елементів у біооб'єктах за міжнародним стандартом) лабораторії, який за умови багаторічних (не менше 10 років) клінічних спостережень не призводить до специфічних змін стану здоров'я [7].

Низка вчених відзначає, що мікроелементи в аномальних концентраціях набувають токсичної здатності та пов'язують розвиток онкопатології при підвищеному їх надходженні до організму. Під дією іонів ВМ відбувається зростання рівня активних (вільних) радикалів в

організмі. Активні радикали (активні форми кисню та продукти перекисного окислення ліпідів) володіють здатністю пошкоджувати конструкцію клітин, білків, ліпідів, мембран і нуклеотидів, спричиняти мутацію генів, які відповідають за синтез антионкогенних та аптиметастатичних протеїнів, а також здатні активувати онкогени через пероксидзалежні фактори транскрипції (NF- $\kappa$ B). Паралельно до зростання рівня вільних радикалів відбувається пригнічення та виснаження антиоксидантного захисту клітини. Іони металів зв'язують сульфгідрильні групи глутатіону та ліпоєвої кислоти, завдяки яким відбувається регенерація і відновлення інших антиоксидантів в організмі (цикл вітамінів E і C).

Часто вчені проводять кореляційні паралелі між несприятливою екологічною обстановкою, спричиненою ВМ, та авітамінозом або гіповітамінозом. Дисбаланс вітамінів спричиняє зростання чутливості організмів до найменшого негативного впливу, що загрожує серйозними патологічними станами в органах і системах. Однією з можливостей іонів металів є імітація дії естрогену, що впливає на гормональний стан жінки шляхом порушення його метаболізму. Гормональний дисбаланс може призвести до серйозних наслідків і розвитку багатьох гормонально залежних захворювань [7].

Простежується також зв'язок між ВМ та чоловічим безпліддям. Накопичення хімічних елементів в яєчках і передміхуровій залозі проявляється порушенням фізіологічних біохімічних процесів, спричиняючи погіршення продукції кількості та якості сперми [8].

На сьогодні існує цілий ряд досліджень за участі СВМ, які вивчають властивості як поодиноких, так і комбінованих сумішей цих ксенобіотиків у різних концентраціях, що циркулюють у навколишньому середовищі, та їх зв'язок з екологічно зумовленими захворюваннями молочної залози, кісткового мозку та інших органів і систем [7; 9].

Особливої уваги для дослідження заслуговують органи, які зазнають двобічного впливу (непрямого гематогенного та прямого контактного). Таким прикладом є сечовий міхур, до якого іони металів-мікроелементів надходять з кров'ю, а також разом із сечею під час її виведення з організму [9].

Розвиток аграрної промисловості, забруднені підземні води та дощі призвели до антропогенної деградації в ґрунтовій товщі з накопиченням ВМ, час напіввиведення та виведення яких може тривати декілька сотень років. Залежно від виду ґрунту, його

вологості, сорбційних, акумуляційних, кислотно-основних і окиснювально-відновлювальних властивостей, дренажних систем і зростаючих рослин – особливості рухливості цих металів можуть змінюватися. Разом із органічними речовинами ґрунту СВМ здатні утворювати складні комплексні сполуки, а висока вологість сприяє переходу ВМ у нижчі ступені окиснення та в розчинні форми, що підвищує їх міграційні характеристики.

Через насиченість ВМ у ґрунті підвищується рівень поглинання їх кореневою системою рослин із подальшою акумуляцією в них. Негативна дія СВМ у ґрунті проявляється погіршенням родючості ґрунтів, якості, росту та розвитку рослинних продуктів, а також пригніченням мікробіологічної діяльності. Постійний вплив підвищених концентрацій ВМ, здатність циркулювати та мігрувати у гідро-, літо- та атмосфері призводить до їх кругообігу в природі, виснаження її захисних і регулюючих механізмів, що несе за собою небезпеку всебічного впливу цих полютантів на живі організми.

Враховуючи вищеперераховані дані про міграцію металів-мікроелементів за умов забруднення навколишнього середовища, розкриваються всі секрети надходження їх до організму людини та тварини через проміжні природні ланки.

Потрапляння ксенобіотиків до організму відбувається через органи дихання і травлення, шкіру та слизові оболонки. Найчастіше полютанти потрапляють до організму з водою та продуктами через шлунково-кишковий тракт, де вони легко всмоктуються і надходять у кров, транспортуються практично в усі органи та системи з подальшою частковою їх кумуляцією. Іони елементів, які не депонувались, виводяться з організму з сечею та через жовч.

Залежно від виду металу (одного або ж одразу декількох), токсичності, концентрації, шляху проникнення, часу дії та індивідуальних особливостей організму можуть виникати гострі або хронічні отруєння. Останні розвиваються внаслідок тривалої дії шкідливих речовин у невеликих дозах із подальшою поступовою кумуляцією в організмі. Гостре ж отруєння виникає після одноразової дії хімічних речовин у значних концентраціях. На перших етапах адаптивні механізми допомагають організму пристосуватись до шкідливої дії металів-токсикантів на деякий час, проте згодом система адаптації виснажує свої ресурси, що веде до поступового переходу в незворотний стан [1; 2; 4; 10].

Картина отруєння може значно різнитися, оскільки деякі



мікроелементи володіють синергічними та антагоністичними відносинами між собою, що може сприяти змішаному перебігу захворювання. Наприклад, Cu та Zn можуть витіснитися з комплексних сполук Hg, Cd, Cr, Ni, Pb: надлишок Hg, As, Cd призводить до дефіциту селену; надлишок Pb – до дефіциту Ca і Zn, а Mn – до дефіциту Mg і Cu.

У більшості випадків мікроелементи-токсиканти являють велику загрозу для дисбалансу різноманітних фізіологічних процесів на макро-, мікро- та ультраструктурних рівнях. Так, їх несприятливу дію пов'язують із розвитком мікроелементозу, який пов'язують із рядом патологічних процесів в організмі [9].

**Мета і завдання проведення дослідження.** Провести аналіз літературних даних, присвячених участі та ролі основних макро- і мікроелементів у метаболічних процесах, пов'язаних із дефіцитом, надлишком або їх дисбалансом в організмі людини. Неоднозначність наукових досліджень щодо вмісту мікроелементів у різних органах і системах, їх ролі в життєдіяльності організму свідчить про складність проблеми та доводить доцільність її подальшого вивчення для створення сучасних методів лікування та профілактики захворювань, виникнення яких пов'язане з дефіцитом або надлишком мікро- та макроелементів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Основним джерелом забруднення є антропогенно-техногенний вплив, який сягнув піку в останні століття за рахунок бурхливої урбанізації у всьому світі. Це призвело до зростання кількості теплових електростанцій, розвитку чорної та кольорової металургії, збільшення викидів автотранспортом, зростання хімічного виробництва, токсичних захоронень, видобутку та переробки мінеральної сировини, наслідком чого є потрапляння в навколишнє середовище хімічних полютантів у рідкому, твердому та газоподібному стані [2; 10].

Виникнення екологічно зумовлених захворювань (цукровий діабет патологія щитоподібної залози) серед жителів Рівненської області пов'язані із дефіцитом в організмі людини I, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu, Mg, Se, Cr [4] або їх надлишком. Нами виявлені позитивні кореляційні зв'язки між ступенем поширеності цукрового діабету, патології щитоподібної залози та вмістом S, Fe, Sz, I, Zn, Cu, Mg, Cr.

Таблиця 5

Поширеність та первинна захворюваність хвороб ендокринної системи, розладу харчування, порушення обміну речовин серед дорослих віком 18 років і старших жителів Рівненської області (на 10000 дорослих) в розрізі районів за 2002 р. у порівнянні з 2019 р.

№ з/п	Назва районів (міст)	Хвороби ендокринної системи, розладу харчування, порушення обміну речовин				З них: дифузний зоб II-III ступенів				Цукровий діабет			
		Поширеність		Захворюваність		Поширеність		Захворюваність		Поширеність		Захворюваність	
		2002	2019	2002	2019	2002	2019	2002	2019	2002	2019	2002	2019
1.	Березнівський	106,9	1816,8	14,2	146,1	13,2	46,5	1,7	12,4	19,3	49,3	2,0	35,4
2.	Володимирецький	150,6	1262,3	17,6	81,5	14,8	147,0	0,7	2,6	8,8	379,8	1,6	24,7
3.	Гошанський	91,5	1406,1	26,0	42,3	15,1	183,4	2,4	13,6	18,3	400,4	1,9	32,2
4.	Демидівський	102,2	2163,8	15,2	89,4	7,5	84,4	1,0	9,8	20,8	51,22	2,0	31,4
5.	Дубенський	101,5	1405,6	19,4	33,1	8,0	8,8	1,4	2,6	17,0	563,1	1,6	18,3
6.	Дубровицький	99,9	2614,6	24,2	183,7	11,6	19,3	2,4	17,1	18,3	45,84	1,5	51,6
7.	Зарічненський	192,7	1107,4	27,6	154,7	15,9	194,7	4,6	28,3	13,2	322,5	2,1	31,7
8.	Здолбунівський	134,4	1222,3	21,4	8,6	124,0	123,0	0,6	6,9	21,3	350,9	2,2	21,2
9.	Корецький	178,1	1429,9	17,6	106,6	52,4	449,9	4,2	5,4	16,0	503,7	2,0	40,6
10.	Костопільський	113,1	568,2	32,9	107,3	14,0	162,3	2,3	4,1	17,2	317,7	1,8	18,9
11.	Млинівський	100,2	942,8	19,4	122,7	15,6	76,8	2,3	2,7	15,8	528,9	1,9	48,3
12.	Острозький	83,8	2001,6	11,0	74,9	5,2	28,4	0,4	1,2	21,2	429,7	2,0	38,6
13.	Радивилівський	71,6	1406,2	18,9	111,0	9,7	140,1	2,2	14,9	15,8	495,2	2,1	38,5
14.	Рівненський	116,0	989,3	10,8	69,9	26,8	299,7	1,2	7,3	15,5	525,9	1,8	33,8
15.	Рокитнівський	119,8	1325,1	53,4	215,4	5,6	61,5	1,9	16,0	11,0	614,6	2,2	33,5
16.	Сарненський	122,7	1345,8	33,4	93,2	10,5	54,8	2,1	31,0	14,1	535,7	2,3	37,9
17.	м. Рівне	72,6	1329,7	18,7	87,1	6,4	44,0	0,9	1,6	23,6	282,5	2,2	28,5
18.	м. Вараш	69,3	1102,9	16,4	46,2	5,3	86,8	0,3	0,9	15,2	357,5	2,7	23,8
19.	м. Дубно	188,9	1882,7	31,7	35,5	10,0	110,9	2,1	2,7	34,6	566,7	3,3	22,6
	<b>Всього</b>	<b>23,7</b>	<b>1352,3</b>	<b>116,2</b>	<b>98,6</b>	<b>12,4</b>	<b>118,4</b>	<b>12,7</b>	<b>5,6</b>	<b>2,4</b>	<b>473,9</b>	<b>19,8</b>	<b>30,1</b>

**Висновки.** Аналіз даних літератури (вітчизняної, світової) засвідчує суттєвий вплив мікро-макроелементів радіоактивного забруднення у навколишньому середовищі на стан здоров'я населення. Особливої уваги заслуговував їх зв'язок з екологічно зумовленими захворюваннями (хвороби ендокринної системи, розладу харчування, порушення обміну речовин). Результати статистичних даних свідчать про те, що поширеність цієї патології на 10000 дорослого населення Рівненської області за останні сімнадцять років (2002–2019 рр.) зросла у 57,5 разів (з 23,7 до 1362,3), в т. ч. цукрового діабету – у 197,4 рази (з 2,4 до 473,9 випадків на 10000 дорослого населення).

Таким чином, надходження до організму людини надлишкових або недостатність мікро-макро хімічних елементів може сприяти розвитку та прогресуванню екологічно зумовлених захворювань. Подальше вивчення цього впливу потребує ретельного аналізу та його вивчення.

1. Клименко М. О., Гурський А. Й., Буглак С. Ю. Статистичні дані показників-індикаторів антропоцентричного блоку, які відображають достовірну характеристику стану екологічної безпеки агросфери м. Рівне і Рівненської області. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2023. Вип. 4(104). С. 38–47. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/29461/1/Vs420233%20%281%29.pdf> (дата звернення: 10.07.2024).
2. Гурський А. Й., Буглак С. Ю. Здоров'я людини й аспекти екологічного впливу на розвиток ендокринної патології. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2023. Вип. 1(101). С. 97–110. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/26210/1/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8211.pdf> (дата звернення: 10.07.2024).
3. Гурський А. Й. ЙОД – Незамінний мікроелемент організму людини й тварин, його вміст у природних джерелах і продуктах харчування. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2018. Вип. 1(81). С. 123–133. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/14677/1/Vs8112%20%D0%B7%D0%B0%D1%85.pdf> (дата звернення: 10.07.2024).
4. Мороз А. С., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. Медична хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2006. 776 с.
5. Царенко Т. В., Падун А. О. Вплив концентрації хімічних елементів у питній воді на здоров'я людини. *Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку* : матеріали III Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція м. Ірпінь, 12–20 листопада 2018 р. Ірпінь, 2018. С. 342–346.

URL: <https://api-ir.dpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c04a650f-5205-4d04-ada2-fa009d5d07c6/content> (дата звернення: 10.07.2024).

**6.** Романюк А. М., Линдин М. С., Москаленко М. А. та ін. Дослідження рецепторів естрогену, прогестерону та her-2/neu у тканинах раку молочної залози під впливом на організм солей важких металів. *Журнал клінічних та експериментальних досліджень*. Суми, 2014. № 2(2). С. 168–175.

**7.** Пахомова І. В. Антиоксиданти рослинного походження для жировмісних кондитерських виробів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. № 1. Т. 22. С. 185–191. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht\\_2016\\_22\\_1\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht_2016_22_1_23) (дата звернення: 10.07.2024).

**8.** Білецька Е. М., Стусь В. П., Онул Н. М. та ін. Вміст важких металів в індикаторних біосередовищах фертильних та інфертильних чоловіків, які мешкають на урбанізованих територіях. *Медицинські перспективи*. 2015. № 1. Т. 20. С. 111–116.

**9.** Romaniuk A., Sikora V., Lyndin M. et al. The features of morphological changes in the urinary bladder under combined effect of heavy metal salts. *Interventional Medicine & Applied Science*. 2017. № 9(2). Р. 1–7. DOI:10.1556/1646.9.2017.2.09.

**10.** Шестопапов В. М., Овчинникова Н. Б. Дослідження рівноважного стану води та проблема впливу питної та мінеральної води на здоров'я людини. *Геологічний журнал*. 2017. № 1. С. 23–36.

**11.** Андрусишина І. М. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення. *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті*. 2015. № 1(16). С. 22–31.

## REFERENCES:

**1.** Klymenko M. O., Hurskyi A. Y., Buhlak S. Yu. Statystychni dani pokaznykiv-indyikatoriv antropotsentrychnoho bloku, yaki vidobrazhaiut dostovirnu kharakterystyku stanu ekolohichnoi bezpeky ahrosfery m. Rivne i Rivnenskoï oblasti. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky* : zb. nauk. prats. Rivne : NUVHP, 2023. Vyp. 4(104). S. 38–47. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/29461/1/Vs420233%20%281%29.pdf> (дата звернення: 10.07.2024).

**2.** Hurskyi A. Y., Buhlak S. Yu. Zdorovia liudyny y aspekty ekolohichnoho vplyvu na rozvytok endokrynnoi patolohii. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky* : zb. nauk. prats. Rivne : NUVHP, 2023. Vyp. 1(101). S. 97–110. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/26210/1/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8211.pdf> (дата звернення: 10.07.2024).

**3.** Hurskyi A. Y. YOD – Nezaminnyi mikroelement orhanizmu liudyny y tvaryn, yoho vmist u pryrodnykh dzherelakh i produktakh kharchuvannia. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky* : zb. nauk. prats. Rivne : NUVHP, 2018. Vyp. 1(81). S. 123–133. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/14677/1/Vs8112%20%D0%B7%D0%B0%D1%85.pdf> (дата звернення: 10.07.2024).

**4.** Moroz A. S., Lutsevych D. D., Yavorska L. P. *Medychna khimiia* : pidruchnyk. Vinnytsia : Nova knyha, 2006. 776 s.

5. Tsarenok T. V., Padun A. O. Vplyv kontsentratsii khimichnykh elementiv u pytnii vodi na zdorovia liudyny. *Tekhnohenko-ekolohichna bezpeka Ukrainy: stan ta perspektyvy rozvytku* : materialy III Vseukrainska naukovo-praktychna Internet-konferentsiia m. Irpin, 12–20 lystopada 2018 r. Irpin, 2018. S. 342–346. URL: <https://api-ir.dpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c04a650f-5205-4d04-ada2-fa009d5d07c6/content> (data zvernennia: 10.07.2024).
6. Romaniuk A. M., Lyndyn M. S., Moskalenko M. A. ta in. Doslidzhennia retseptoriv estrohenu, prohesteronu ta her-2/neu u tkanynakh raku molochnoi zalozy pid vplyvom na orhanizm solei vazhkykh metaliv. *Zhurnal klinichnykh ta eksperymentalnykh doslidzen*. Sumy, 2014. № 2(2). S. 168–175.
7. Pakhomova I. V. Antyoksydanty roslynnoho pokhodzhennia dlia zhyrovmyshnykh kondyterskykh vyrobiv. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*. 2016. № 1. T. 22. S. 185–191. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht\\_2016\\_22\\_1\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht_2016_22_1_23) (data zvernennia: 10.07.2024).
8. Biletska E. M., Stus V. P., Onul N. M. ta in. Vmist vazhkykh metaliv v indykatornykh bioseredovyschakh fertylnykh ta infertylnykh cholovikiv, yaki meshkaiut na urbanizovanykh terytoriiakh. *Medychni perspektyvy*. 2015. № 1. T. 20. S. 111–116.
9. Romaniuk A., Sikora V., Lyndin M. et al. The features of morphological changes in the urinary bladder under combined effect of heavy metal salts. *Interventional Medicine & Applied Science*. 2017. № 9(2). P. 1–7. DOI:10.1556/1646.9.2017.2.09.
10. Shestopalov V. M., Ovchynnykova N. B. Doslidzhennia rivnovazhnogo stanu vody ta problema vplyvu pytnoi ta mineralnoi vody na zdorovia liudyny. *Heolohichni zhurnal*. 2017. № 1. S. 23–36.
11. Andrusyshyna I. M. Vplyv mineralnogo skladu pytnoi vody na stan zdorovia naselennia. Voda i vodoochysni tekhnolohii. *Naukovo-tekhnichni visti*. 2015. № 1(16). S. 22–31.
- 

**Buhlak S. Yu., Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

**SIGNIFICANCE OF THE INFLUENCE OF CHEMICAL MICRO-MACRO ELEMENTS AND THE CONSEQUENCES OF RADIOACTIVE POLLUTION ON THE PREVALENCE OF DIABETES AND THYROID GLAND PATHOLOGY AMONG THE POPULATION OF THE RIVNE REGION**

**The article presents the views of the authors, a review of the literature on the impact of some micro-macroelements and the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant on the occurrence of diabetes and thyroid pathology among the population of Rivne region and Ukraine.**

**It has been established that starting from the first moments of the embryo's life, there is a need to maintain the stability of its internal environment and ensure mutual relations with the surrounding environment. At the earliest stages of ontogenesis, these functions are performed through humoral regulation with the help of circulating biologically active substances, which, as cells and organs specialized in their production are formed, acquire the properties of real hormones.**

**It is the lack of iodinated hormones in the child's body in the early stages of postnatal life that is the decisive pathogenetic factor of mental retardation – the leading component of cretinism syndrome.**

**It has been proven that the basis of the avalanche-like spread of endocrine and hormone-dependent diseases, together with genetic determination, are the conditions of fetal development in the mother's womb, which should lead to a rethinking of the importance of implementing broad social and protective measures in relation to a pregnant woman, aimed at preserving her psycho-emotional and physical health, starting from the earliest stages of bearing a child.**

**According to the World Health Organization (WHO), 655 million people in the world had goiter, 43 million had some degree of mental retardation caused by iodine deficiency, and 11.2 million had cretinism. In the literature, the term "iodine deficiency diseases" (IDD) was introduced, which is used to denote all the adverse effects and lack of iodine on the growth and development of the body and, above all, on the formation of the child's brain. These diseases are caused by a decrease in the functional activity of the thyroid gland in response to iodine deficiency [9].**

**In the literature, there are no unambiguous data on the terms and methods of treatment of puberty disorders in boys from the iodine-deficient region [5; 8; 9]. Therapy of disorders of sexual development in boys depends on the variant of insufficient puberty. The majority of domestic and foreign authors suggest using chorionic gonadotropin (HG) preparations and androgens to treat male hypogonadism [3].**

***Keywords:* chemical macro-microelements; consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident; endocrine diseases; diabetes; puberty; thyroid pathology; endemic and non-endemic regions.**

**Валецька О. В., к.с.-г.н., доцент, Налобіна О. О., д.т.н., професор, Голотюк М. В., к.т.н., доцент, Пилипака Т. С., к.т.н., доцент, Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Бундза О. З., к.т.н., доцент**  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.v.valetska@nuwm.edu.ua; o.o.nalobina@nuwm.edu.ua; m.v.holotiuk@nuwm.edu.ua; t.s.pylypaka@nuwm.edu.ua; t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua; o.z.bundza@nuwm.edu.ua)

### **ВПЛИВ ВАПНУВАННЯ ТА МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ НА КИСЛОТНІСТЬ ҐРУНТІВ У РІЗНИХ АГРОКЛІМАТИЧНИХ ЗОНАХ**

У статті досліджено вплив вапнування та мінерального удобрення на кислотність ґрунтів у різних агрокліматичних зонах України. Однією з ключових проблем сучасного сільськогосподарського виробництва є підтримання оптимального рівня рН ґрунтів, оскільки надмірна кислотність негативно впливає на доступність поживних речовин, фізико-хімічні властивості ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. У дослідженні розглянуто два основних методи регулювання кислотності ґрунту: вапнування та застосування мінеральних добрив. Вапнування є традиційним заходом для зниження кислотності, яке полягає у внесенні вапнякових матеріалів, що нейтралізують кислі компоненти ґрунту. Досліджено ефективність вапнування для різних типів ґрунтів та агрокліматичних умов, зокрема для зон Полісся, Лісостепу та Степу України. Встановлено, що оптимальні дози вапнування можуть варіюватися від 4 до 6 тонн на гектар залежно від рівня початкової кислотності ґрунту та його фізичних властивостей. У більш вологих зонах закислення ґрунту відбувається швидше, що потребує частішого внесення вапна порівняно зі Степом, де процеси закислення відбуваються повільніше. Застосування мінеральних добрив, зокрема азотних, також впливає на кислотність ґрунту. Амонійні форми азоту під час нітрифікації можуть підвищувати рівень кислотності, що вимагає комбінованого підходу з використанням вапнування для нейтралізації цього ефекту. Визначено, що раціональне поєднання

**мінеральних добрив і вапна дозволяє оптимізувати рівень рН та підвищити доступність поживних речовин. Математичні моделі, розроблені в межах дослідження, дозволяють прогнозувати динаміку зміни кислотності залежно від доз вапна та мінеральних добрив. Застосовані моделі враховують вплив кліматичних умов, що робить їх особливо корисними для адаптації агротехнічних заходів до специфічних регіональних умов. В результаті проведених досліджень зроблено висновки, що ефективне управління кислотністю ґрунтів залежить від поєднання вапнування з правильним використанням добрив та врахування агрокліматичних особливостей кожної зони.**

**Ключові слова:** мінеральні добрива; хімічні меліоранти; кислотність; елементи живлення.

**Вступ.** Одним із найважливіших показників родючості ґрунтів є їх кислотність (рН), що безпосередньо впливає на ефективність засвоєння рослинами поживних речовин, фізико-хімічні властивості ґрунту та розвиток рослинних культур. В умовах надмірної кислотності, ґрунти зазнають значних змін у структурі, що призводить до зниження доступності макро- і мікроелементів, необхідних для росту рослин, таких як азот, фосфор, калій та кальцій. Крім того, підвищується ризик токсичності, зокрема через зростання концентрації алюмінію і марганцю, які негативно впливають на кореневу систему рослин. Таким чином, контроль рівня кислотності ґрунтів є однією з основних складових успішного ведення сільського господарства, оскільки це дозволяє покращити умови для росту культур та збільшити врожайність.

Вапнування є традиційним і широко застосовуваним методом для зниження кислотності ґрунтів. Додавання вапна сприяє нейтралізації кислотних компонентів, підвищуючи рівень рН до оптимальних показників, які є сприятливими для більшості сільськогосподарських культур. Цей процес поліпшує структуру ґрунту, знижує токсичність металів і підвищує доступність поживних елементів. Однак вплив вапнування на ґрунт може значно варіювати залежно від його типу, фізико-хімічних властивостей і агрокліматичних умов, що створює потребу в детальному вивченні цих аспектів для кожної конкретної зони.



Іншим важливим фактором, який впливає на кислотність ґрунтів, є застосування мінеральних добрив. Мінеральні добрива є незамінним інструментом підвищення врожайності сільськогосподарських культур, однак їх неправильне або надмірне використання може спричинити підкислення ґрунтів. Це стосується насамперед добрив, що містять азот у формах, які сприяють кислотним реакціям у ґрунті. Негативний вплив добрив на кислотність може нейтралізуватися за допомогою раціонального підходу до вапнування, що вимагає комплексного дослідження їхнього спільного впливу [1; 2; 3].

Агрокліматичні умови різних регіонів також впливають на процеси, що відбуваються в ґрунтах під впливом вапнування та внесення добрив. Кліматичні умови, такі як температура, вологість, кількість опадів та випаровування, впливають на інтенсивність хімічних і біологічних процесів у ґрунті, зокрема на розкладання добрив і реакцію на вапнування. Це означає, що одні й ті самі агротехнічні заходи можуть мати різний ефект у різних агрокліматичних зонах. Тому важливо адаптувати стратегії управління ґрунтовою кислотністю до умов конкретних регіонів [4; 5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема регулювання кислотності ґрунтів та підвищення їх родючості завжди перебувала в центрі уваги українських аграрних науковців. Особливий інтерес викликають дослідження впливу вапнування та мінерального удобрення на ґрунти, оскільки ці агротехнічні заходи є ключовими для вирішення проблеми деградації ґрунтів і забезпечення стабільної врожайності. У межах сучасних досліджень українські вчені проводять численні експерименти щодо оптимізації вапнування та добрив у різних агрокліматичних зонах України.

Одним із провідних закладів у цій сфері є Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського НААН України. Дослідження, проведені вченими цього інституту, показують, що оптимізація вапнування ґрунтів в Україні є особливо важливою в умовах Полісся та Лісостепу, де спостерігається підвищений рівень кислотності. Науковці встановили, що внесення вапна дозволяє значно покращити структуру ґрунту, підвищуючи його родючість і врожайність сільськогосподарських культур. Дослідження також вказують на важливість обліку специфічних кліматичних і ґрунтових

умов для кожної агрокліматичної зони, оскільки кількість та частота внесення вапна може суттєво варіюватися.

Науковці з Національного університету біоресурсів і природокористування України також активно досліджують вплив мінеральних добрив та їхню взаємодію з вапнуванням на ґрунтову кислотність. Їхні дослідження показують, що правильне співвідношення азотних, фосфорних та калійних добрив разом із вапнуванням дозволяє не лише стабілізувати кислотність ґрунтів, але й покращити їхній водно-повітряний режим. Зокрема, вони підкреслюють важливість оптимальних доз добрив для різних культур і зон, оскільки надлишкове використання азотних добрив може підсилювати підкислення ґрунту. Дослідження Національного університету біоресурсів і природокористування України також доводять, що ефективність вапнування значно підвищується при поєднанні з органічними добривами.

Важливі внески в дослідження управління ґрунтовою кислотністю зроблені науковцями Інституту агроєкології і природокористування НААН України. Вони акцентують увагу на важливості збереження природного балансу ґрунтових екосистем, підкреслюючи, що надмірне використання хімічних добрив і недостатня увага до природних властивостей ґрунтів може призвести до довготривалих негативних наслідків для екології. За результатами їхніх досліджень, вапнування і використання мінеральних добрив повинні враховувати не тільки короткострокові агротехнічні завдання, але й питання екологічної стійкості та здоров'я ґрунтових екосистем.

Окремі дослідження також присвячені використанню альтернативних матеріалів для вапнування, таких як відходи виробництва, наприклад, цементна пилюка або вапнякові відходи. У цьому напрямку активно працюють науковці Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, які експериментують з нетрадиційними матеріалами, щоб зменшити витрати на традиційні засоби вапнування та підвищити екологічну ефективність цих технологій.

Загалом, українські науковці досягли значних успіхів у дослідженні впливу вапнування та мінерального удобрення на ґрунтову кислотність, розробляючи нові моделі та підходи для різних агрокліматичних зон країни. Їхні результати є важливими для

вдосконалення практик управління ґрунтовими ресурсами, забезпечення стабільного сільськогосподарського виробництва та збереження родючості ґрунтів на тривалий час [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16].

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження впливу вапнування та мінерального удобрення на кислотність ґрунтів у різних агрокліматичних зонах. Науково обґрунтоване розуміння цих процесів дає можливість раціоналізувати підходи до удобрення та вапнування в різних умовах. У роботі особливий акцент робиться на математичному моделюванні цих процесів для визначення оптимальних агротехнічних рішень, які б дозволили досягти балансу між підвищенням врожайності та збереженням природних ресурсів.

**Виклад основного матеріалу.** Кислотність ґрунту є важливим параметром, який впливає на доступність поживних речовин для рослин, наявність токсичних елементів і мікробіологічну активність ґрунту. Надмірна кислотність знижує родючість ґрунтів, погіршує їхню структуру та може викликати токсичні реакції у рослин через підвищений рівень алюмінію та марганцю, що вивільняються в кислих ґрунтах. Різні культури мають специфічні вимоги до рівня рН ґрунту, і для більшості сільськогосподарських рослин оптимальним є слабнокислий або нейтральний рівень рН (6.0–7.0). Тому контроль і регулювання кислотності ґрунтів є важливими агротехнічними заходами для забезпечення їхнього сталого використання.

Вапнування є найбільш ефективним методом зниження кислотності ґрунтів, особливо в регіонах з кислими ґрунтами, таких як Полісся та Лісостеп України. Вапно реагує з кислотними компонентами в ґрунті, зменшуючи концентрацію вільних іонів водню і підвищуючи рівень рН. Процес вапнування також позитивно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту, зокрема покращує його структуру, зменшує щільність і сприяє аерації. Це сприяє підвищенню ефективності використання добрив, доступності макро- та мікроелементів для рослин і зниженню токсичності металів.

Дослідження показують, що ефективність вапнування залежить від кількох факторів:

- Типу ґрунту: кислі ґрунти, такі як підзоли, вимагають регулярного вапнування через їхню здатність швидко закислюватися.

- Агрокліматичних умов: у більш вологих зонах (Полісся) закислення відбувається швидше, ніж у посушливих регіонах (Степ), що вимагає частішого або інтенсивнішого вапнування.

- Дози вапна: оптимальні дози вапнування варіюють залежно від рівня початкової кислотності, механічного складу ґрунту та культур, що вирощуються. Дослідження показують, що внесення 4–6 тонн вапна на гектар дозволяє досягти нейтрального рівня рН для більшості культур.

Мінеральні добрива, особливо азотні, є важливим джерелом поживних речовин для рослин, але при цьому вони можуть підвищувати кислотність ґрунту. Амонійні форми азотних добрив ( $\text{NH}_4^+$ ) під час процесів нітрифікації окислюються в нітрати ( $\text{NO}_3^-$ ), що супроводжується виділенням іонів водню ( $\text{H}^+$ ), які сприяють закисленню ґрунту. Тривале використання таких добрив без відповідних заходів з нейтралізації кислотності може призвести до погіршення властивостей ґрунту та зниження врожайності.

Правильне поєднання вапнування і мінеральних добрив може суттєво покращити стан ґрунту. Наприклад:

- Азотні добрива: їхній негативний вплив на кислотність можна компенсувати шляхом попереднього або одночасного вапнування.

- Фосфорні добрива: їхня ефективність підвищується в нейтральному або слабокислому середовищі, яке забезпечується вапнуванням.

- Калійні добрива: вапнування підвищує доступність калію в ґрунті, що важливо для зростання культур.

Дослідження показують, що використання вапна у поєднанні з комплексними добривами дозволяє не лише зберегти нейтральний рівень рН, але й покращити загальну ефективність використання поживних речовин.

Для прогнозування впливу різних доз вапна та добрив на кислотність ґрунту в залежності від агрокліматичних умов проведено математичне моделювання процесу та отримано моделі. У нашому дослідженні було розроблено три математичні моделі для опису цих процесів.

Лінійна регресія залежності рН ґрунту від кількості вапнування описує прямий вплив вапнування на рН ґрунту. Вона свідчить про лінійну залежність між кількістю вапна і підвищенням рН.

$$pH(x) = a_1 + b_1 \cdot L, \quad (1)$$

де  $L$  – кількість вапна (тонн на гектар);  $a_1, b_1$  – параметри моделі (залежні від агрокліматичної зони).

Ця модель показує лінійну залежність рівня рН ґрунту від кількості внесеного вапна ( $L$ ). Згідно з цією моделлю, з кожним збільшенням кількості вапна на 1 тону на гектар рівень рН знижується на 0.4 одиниці (рис. 1).

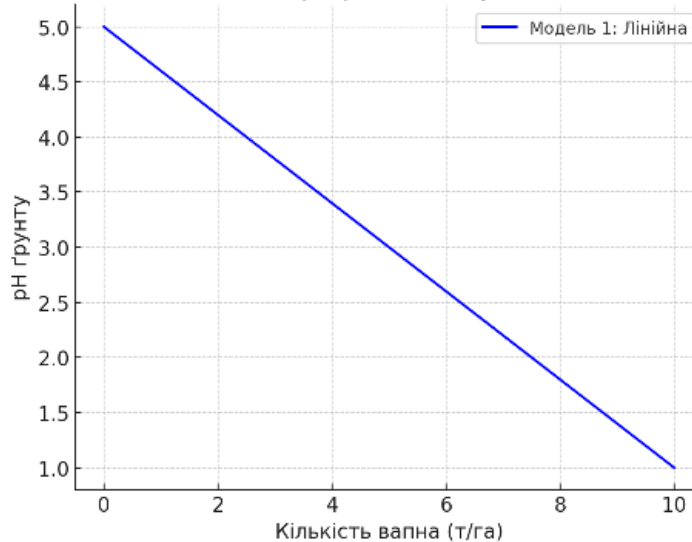


Рис. 1. Лінійна регресія, яка показує вплив кількості вапнування на рівень рН ґрунту

На графіку видно, що кислотність ґрунту (рН) зменшується прямо пропорційно кількості вапна. Це свідчить про те, що чим більше вапна вноситься, тим нижча кислотність ґрунту (більш лужне середовище).

Множинна регресія для впливу вапнування і мінеральних добрив враховує вплив як вапнування, так і мінеральних добрив, показуючи їхній комбінований вплив на кислотність.

Ця модель описує сумарний вплив кількості вапна та мінеральних добрив на кислотність ґрунту.

$$pH(x) = a_2 + b_2 \cdot L + c_2 \cdot M, \quad (2)$$

де  $L$  – кількість вапна (тонн на гектар);  $M$  – кількість мінеральних добрив (кг на гектар);  $a_2, b_2, c_2$  – параметри моделі.

У цій моделі ми враховуємо одночасний вплив кількості вапна (L) та мінеральних добрив (M) на рівень рН ґрунту. Модель показує, що як збільшення кількості вапна, так і мінеральних добрив сприяє зниженню рН (підвищенню кислотності).

Графічне зображення процесу (рис. 2) є контурним та демонструє взаємозалежність між вапнуванням та мінеральними добривами. Чим більше обидвох факторів, тим нижчий рівень рН. Це корисно для визначення оптимальних доз добрив та вапнування для контролю кислотності ґрунту.

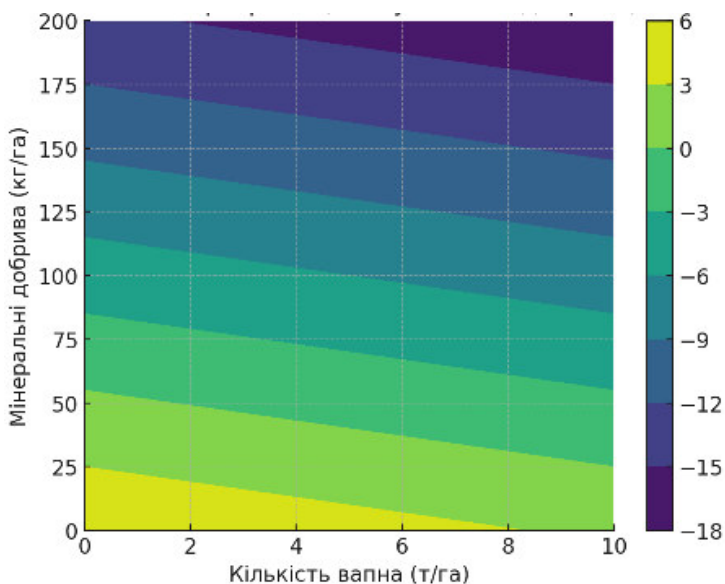


Рис. 2. Множинна регресія, що враховує вплив як вапнування, так і мінеральних добрив на кислотність ґрунту

Нелінійна регресія з урахуванням взаємодії факторів (вапнування та мінеральні добрива) описує взаємодію між добривами і вапнуванням, демонструючи, що їх сумісне застосування може мати нелінійний ефект на рН ґрунту.

Ця модель описує нелінійний вплив вапнування та мінеральних добрив із взаємодією факторів на кислотність ґрунту.

$$pH(x) = a_3 + b_3 \cdot L + c_3 \cdot M + d_3 \cdot M \cdot L, \quad (3)$$

де  $L$  – кількість вапна;  $M$  – кількість мінеральних добрив;  $a_3, b_3, c_3, d_3$  – параметр взаємодії між вапнуванням та мінеральними добривами.

Ця модель враховує не лише окремий вплив кожного фактора, але й їхню взаємодію. Зокрема, член  $0.05 \cdot L \cdot M$  описує синергетичний ефект, який виникає при одночасному внесенні вапна і мінеральних добрив (рис. 3).

Графік показує більш складну залежність та демонструє, що збільшення обох факторів окремо знижує рівень рН, але взаємодія між ними (вапнування і добрива разом) може частково компенсувати цей ефект. Це показує, що правильне комбінування вапна і добрив може бути ключем до досягнення оптимального рівня рН ґрунту.

Результати моделювання показали, що для кожної агрокліматичної зони необхідно розробляти індивідуальні рекомендації щодо доз вапна та добрив. Наприклад, у регіонах з високою вологістю (Полісся) вапнування потрібно проводити частіше через швидше закислення ґрунтів, тоді як у посушливих зонах (Степ) можна використовувати менші дози вапна з більшими інтервалами між внесеннями.

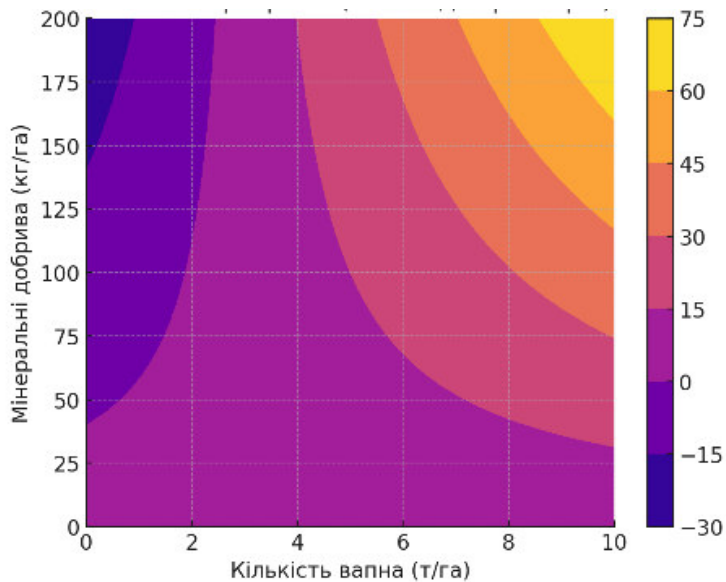


Рис. 3. Нелінійна регресія, яка відображає взаємодію між вапнуванням та мінеральними добривами і їхній сумарний вплив на кислотність ґрунту

Україна має декілька агрокліматичних зон, кожна з яких вимагає індивідуального підходу до управління кислотністю ґрунтів:

- Полісся: висока вологість і кислі підзолисті ґрунти вимагають регулярного вапнування (4-6 т/га) та обмеженого використання амонійних добрив.

- Лісостеп: тут спостерігається помірний рівень кислотності, і вапнування потрібно проводити раз на кілька років у поєднанні з азотними та фосфорними добривами.

- Степ: у цій зоні ґрунти переважно нейтральні, але у разі локального підкислення можна використовувати менші дози вапна.

**Висновки.** Вапнування є ефективним заходом для зниження кислотності ґрунтів у різних агрокліматичних зонах України. Воно сприяє підвищенню рівня рН, поліпшенню фізико-хімічних властивостей ґрунту, підвищенню доступності поживних елементів і зменшенню токсичності металів. Оптимальні дози вапна повинні визначатися залежно від типу ґрунту, його початкової кислотності та кліматичних умов регіону. Мінеральні добрива, особливо азотні, можуть сприяти підкисленню ґрунтів, тому їх застосування потребує контролю за рівнем кислотності та додаткового вапнування. Найбільш ефективним є поєднання мінерального удобрення з вапнуванням, що дозволяє зберігати оптимальний рівень рН і підвищити врожайність сільськогосподарських культур. Агрокліматичні умови суттєво впливають на динаміку кислотності ґрунтів. У вологих регіонах вапнування слід проводити частіше через швидше закислення ґрунтів, тоді як у посушливих зонах можливе використання менших доз вапна з більш тривалими інтервалами між внесеннями. Математичне моделювання впливу вапнування та мінерального удобрення дозволяє прогнозувати зміни кислотності ґрунту та розробляти ефективні стратегії для управління рН. Застосування лінійних і нелінійних моделей допомагає адаптувати агротехнічні заходи до конкретних умов агрокліматичних зон, забезпечуючи раціональне використання ресурсів і підвищення ефективності виробництва. В результаті дослідження було доведено, що комплексний підхід до управління кислотністю ґрунтів, який включає вапнування та правильне дозування мінеральних добрив, дозволяє значно покращити їх родючість та забезпечити стабільну врожайність сільськогосподарських культур у різних агрокліматичних зонах України.



1. Веремеєнко С. І., Польовий В. М., Трушева С. С. Зміна складу та властивостей дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України під впливом тривалого сільськогосподарського використання : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 180 с. 2. Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 18–22. 3. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західному регіоні України / Зубець М. В. та ін. Київ : Аграрна наука, 2010. 944 с. 4. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2019. 318 с. 5. Мазуркевич Л. І. Вплив тривалого застосування добрив на вміст поживних елементів у ґрунті, врожайність пшениці ярої та якість зерна. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Агрономія*. 2014. Вип. 195(1). С. 78–84. 6. Rekaby S. A., Eissa M. A., Hegab S. A., & Ragheb H. M. Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under SemiArid Conditions. *World Journal of Agriculture and Soil Science*. 2019. № 1. P. 1–6. 7. Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M. et al. Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, Iss. 5. Article 593. 8. B. S. Brar, J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. Effects of long-term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maizewheat rotation. *Agronomy*. 2015. Vol. 5 (2). P. 220–238. 9. Havlin J. L., Beaton J. D., Tisdale S. L. and Nelson W. L. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition, Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 2005. 515 p. 10. Sharma S. and Singh J. Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. Vol. 8 (3). P. 459–464. 11. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів : монографія. К. : Аграрна наука, 2008. 308 с. 12. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів : НВФ «Українські технології», 2008. Р. 312 с. 13. Малиновська І. М. Мікробіологічні процеси у сірому лісовому ґрунті за мінерального удобрення, вапнування та заорювання побічної продукції рослинництва. *Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство : матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка*. 24–26 квітня 2023. С. 138–141. 14. Вапнування кислих ґрунтів як основа підвищення ефективності дії добрив / Мазур Г. А., Сімачинський В. М., Медвідь Ю. Г. та ін. *Збірник наукових праць Інституту землеробства Української академії аграрних наук*. К. : Нора-прінт, 1998. Вип. 1. С. 3–9. 15. Лопушняк В., Засекін Н. Оцінка мікробіологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за використання ферментованих добрив. *Вісник Львівського національного аграрного*

університету. *Агронія*. 2013. № 17 (1). С. 170–174. **16.** Li C. X., Yun S. H. A. O., Zhang L. L. Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. Vol. 17, Issue (01). P. 210–219.

## REFERENCES:

1. Veremeienko S. I., Polovyi V. M., Trusheva S. S. Zmina skladu ta vlastyvoستي derno-vidzolystrykh gruntiv Polissia Ukrainy pid vplyvom tryvaloho silskohospodarskoho vykorystannia : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2013. 180 s.
2. Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Burliai O. L., Prytuliak R. M. Ahrokhimichni vlastyvoستي chornozemu opidzolenoho za riznykh doz azotnykh dobryv i yikh poiednannia z inshymy vydamy mineralnykh dobryv. *Ahrarni innovatsii*. 2022. № 14. S. 18–22.
3. Naukovi osnovy ahropromysloвого vyrobnytstva v zoni Polissia i zakhidnomu rehioni Ukrainy / Zubets M. V. ta in. Kyiv : Ahrarna nauka, 2010. 944 s.
4. Tkachenko M. A., Kondratiuk I. M., Borys N. Ye. Khimichna melioratsiia kyslykh gruntiv : monohrafiia. Vinnytsia : TVORY, 2019. 318 s.
5. Mazurkevych L. I. Vplyv tryvaloho zastosuvannia dobryv na vmist pozhyvnykh elementiv u hrunti, vrozhaunist pshenytsi yaroї ta yakist zerna. *Naukovi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser. Ahronomiia*. 2014. Vyp. 195(1). S. 78–84.
6. Rekaby S. A., Eissa M. A., Hegab S. A., & Ragheb H. M. Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under SemiArid Conditions. *World Journal of Agriculture and Soil Science*. 2019. № 1. P. 1–6.
7. Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M. et al. Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, Iss. 5. Article 593.
8. B. S. Brar, J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. Effects of long-term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maizewheat rotation. *Agronomy*. 2015. Vol. 5 (2). P. 220–238.
9. Havlin J. L., Beaton J. D., Tisdale S. L. and Nelson W. L. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition, Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 2005. 515 p.
10. Sharma S. and Singh J. Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. Vol. 8 (3). P. 459–464.
11. Mazur H. A. Vidtvorennia i rehulivannia rodiuchosti lehkykh gruntiv : monohrafiia. K. : Ahrarna nauka, 2008. 308 s.
12. Lykhochvor V. V. Mineralni dobryva ta yikh zastosuvannia. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii», 2008. R. 312 s.
13. Malynovska I. M. Mikrobiolohichni protsesy u siromu lisovomu hrunti za mineralnoho udobrennia, vapnuvannia ta zaoriuvannia pobichnoi produktsii roslynyntstva. *Grunty, stalyy rozvytok ta ukrainske gruntoznavstvo : materialy Mizhnarodnoi*

naukovi konferentsii, prysviacheni 120-richchiu vid Dnia Narodzhennia Hryhoriia Andrushchenka. 24–26 kvitnia 2023. S. 138–141. **14.** Vapnuvannia kyslykh gruntiv yak osnova pidvyshchennia efektyvnosti dii dobryv / Mazur H. A., Simachynskyi V. M., Medvid Yu. H. ta in. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva Ukrainskoi akademii ahrarnykh nauk.* K. : Nora-print, 1998. Vyp. 1. S. 3–9. **15.** Lopushniak V., Zasiakin N. Otsinka mikrobiolohichnoi aktyvnosti dernovo-pidzolystoho gruntu za vykorystannia fermentovanykh dobryv. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia.* 2013. № 17 (1). S. 170–174. **16.** Li C. X., Yun S. H. A. O., Zhang L. L. Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture.* 2018. Vol. 17, Issue (01). P. 210–219.

---

**Valetska O. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Nalobina O. O., Doctor of Engineering, Professor, Holotyiuk M. V., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor, Pylypaka T. S., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor, Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Bundza O. Z., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)**

#### **INFLUENCE OF LIMING AND MINERAL FERTILIZER ON SOIL ACIDITY IN DIFFERENT AGRO-CLIMATIC ZONES**

**The article examines the influence of liming and mineral fertilization on soil acidity in different agro-climatic zones of Ukraine. One of the key problems of modern agricultural production is maintaining the optimal soil pH level, since excessive acidity negatively affects the availability of nutrients, physicochemical properties of the soil, and the yield of agricultural crops. The research examines two main methods of regulating soil acidity: liming and application of mineral fertilizers. Liming is a traditional measure to reduce acidity, which consists in the introduction of calcareous materials that neutralize acidic components of the soil. The effectiveness of liming for different types of soil and agro-climatic conditions, in particular for the Polissia, Forest-Steppe and Steppe zones of Ukraine, was investigated. It has been established that the**

**optimal doses of liming can vary from 4 to 6 tons per hectare depending on the level of initial acidity of the soil and its physical properties. In more humid zones (Polyssia), soil acidification occurs faster, which requires more frequent application of lime compared to the Steppe, where acidification processes occur more slowly. The use of mineral fertilizers, in particular nitrogen fertilizers, also affects the acidity of the soil. Ammonium forms of nitrogen during nitrification can increase acidity, requiring a combined approach using liming to neutralize this effect. It was determined that a rational combination of mineral fertilizers and lime allows to optimize the pH level and increase the availability of nutrients. Mathematical models developed as part of the research allow predicting the dynamics of changes in acidity depending on the doses of lime and mineral fertilizers. The applied models take into account the influence of climatic conditions, which makes them particularly useful for adapting agrotechnical measures to specific regional conditions. As a result of the conducted research, it was concluded that the effective management of soil acidity depends on the combination of liming with the correct use of fertilizers and taking into account the agro-climatic features of each zone.**

***Keywords:* mineral fertilizers; chemical ameliorants; acidity; nutrients.**

**Валецька О. В., к.с.-г.н., доцент, Налобіна О. О., д.т.н., професор, Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Голотюк М. В., к.т.н., доцент, Пилипака Т. С., к.т.н., доцент, Шимко А. В., к.т.н., доцент,**  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Півне, o.v.valetska@nuwm.edu.ua; o.o.nalobina@nuwm.edu.ua; t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua; m.v.holotiuk@nuwm.edu.ua; t.s.pylypaka@nuwm.edu.ua; a.v.shymko@nuwm.edu.ua)

### **ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ТА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

У статті досліджено вплив органічних і мінеральних добрив на родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. Однією з ключових проблем сучасного сільського господарства є підтримка родючості ґрунту при одночасному забезпеченні високої продуктивності рослинництва. Органічні та мінеральні добрива відіграють важливу роль у цьому процесі, проте їхні ефекти відрізняються залежно від складу, умов застосування та типу ґрунту. У дослідженні порівнювався вплив органічних, мінеральних і комбінованих добрив на вміст основних поживних елементів у ґрунті (органічна речовина, азот, фосфор, калій) та врожайність сільськогосподарських культур. Результати показали, що органічні добрива суттєво покращують вміст органічної речовини та калію в ґрунті, що позитивно впливає на його структуру та довгострокову родючість. Мінеральні добрива, з іншого боку, забезпечують швидке підвищення рівнів азоту і фосфору, що є важливим для швидкого росту рослин. Комбіноване застосування органічних та мінеральних добрив показало найбільш збалансований ефект, поєднуючи переваги обох типів добрив. Вплив на врожайність був значним для всіх типів добрив порівняно з контролем (без добрив). Найвищу врожайність забезпечували мінеральні добрива, однак органічні та комбіновані добрива також сприяли суттєвому підвищенню врожайності. Важливо зазначити, що тривале використання лише мінеральних добрив без внесення органічних компонентів може призвести до виснаження органічної речовини в

**ґрунті, що негативно впливатиме на його родючість у майбутньому. Результати дослідження вказують на важливість комбінованого використання органічних і мінеральних добрив для досягнення оптимальних показників врожайності та підтримання довгострокової родючості ґрунтів. Такий підхід дозволяє не лише забезпечити стабільну продуктивність сільськогосподарських культур, але й зберегти екологічну стійкість агроєкосистем. Це дослідження підкреслює необхідність розробки інтегрованих стратегій внесення добрив, які враховують як короткострокові, так і довгострокові потреби ґрунту та культур. Подальші дослідження можуть зосередитися на аналізі впливу різних дозувань та комбінацій добрив у різних кліматичних і ґрунтових умовах, щоб ще краще зрозуміти їхній вплив на родючість та продуктивність агроєкосистем.**

***Ключові слова:* системи агротехнологій; мінеральні добрива; врожайність; хімічні меліоранти; кислотність; елементи живлення.**

**Вступ.** Сучасне сільське господарство стикається з численними викликами, які пов'язані із забезпеченням стабільної врожайності, підтримкою родючості ґрунтів та збереженням екологічної рівноваги. Одним з основних факторів, що впливають на родючість ґрунту та ефективність вирощування сільськогосподарських культур, є використання добрив. Вибір між органічними та мінеральними добривами або ж їх поєднанням залишається ключовим питанням для багатьох аграріїв, особливо в умовах посилення екологічних стандартів і вимог щодо сталого землеробства.

Органічні добрива, такі як гній, компости та сидерати, відомі своєю здатністю покращувати фізико-хімічні властивості ґрунту, підвищувати його водоутримуючу здатність та збагачувати ґрунтову біоту. Їх застосування також сприяє збільшенню вмісту гумусу, що є важливим показником довготривалої родючості ґрунту. Проте їхній вплив на врожайність може бути повільнішим порівняно з мінеральними добривами, які забезпечують швидке постачання необхідних поживних речовин для рослин, таких як азот, фосфор і калій.

Мінеральні добрива, зокрема азотні, фосфорні та калійні, є важливим джерелом основних елементів живлення рослин, що дозволяє швидко підвищувати врожайність. Однак надмірне та

неконтрольоване використання цих добрив може призвести до деградації ґрунту, забруднення водних ресурсів та зниження екологічної стійкості агросистеми. Тому пошук балансу між використанням органічних та мінеральних добрив є критично важливим завданням для підтримки здорового ґрунтового середовища та стабільної продуктивності [1; 2; 3].

Останні дослідження показують, що інтегрований підхід, який поєднує використання органічних і мінеральних добрив, може бути найбільш ефективним як з точки зору агрономічної продуктивності, так і з точки зору екологічної стійкості. Такий підхід дозволяє зберігати родючість ґрунту, забезпечувати рослини необхідними поживними речовинами та мінімізувати негативний вплив на довкілля [4; 5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вплив органічних та мінеральних добрив на родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур є предметом численних наукових досліджень як в Україні, так і за її межами. Українські вчені активно досліджують ефективність різних видів добрив та їх вплив на агроecosистеми в умовах українських ґрунтів, зокрема чорноземів, що є одними з найродючіших у світі. Зокрема, у роботах Ковалю І.М. було детально розглянуто вплив органічних добрив на структуру ґрунту, зокрема на показники вмісту гумусу та його водоутримуючі властивості. Дослідження показали, що застосування гною та компостів сприяє підвищенню вмісту гумусу та покращенню фізичних властивостей ґрунту, що в свою чергу позитивно впливає на врожайність культур. Петренко С.В. у своїх дослідженнях вивчав ефективність мінеральних добрив, зокрема азотних і фосфорних, на врожайність зернових культур в умовах південних регіонів України. В результаті його досліджень було встановлено, що при правильно підібраному дозуванні мінеральні добрива забезпечують значне підвищення врожайності пшениці та кукурудзи. Однак, автор наголошує на необхідності точного підходу до використання мінеральних добрив, щоб уникнути негативних наслідків для ґрунту та навколишнього середовища. Дослідження Гончаренко А.В. присвячене комплексному аналізу поєднання органічних та мінеральних добрив у сівоzmінах. Вчений доводить, що комбіноване застосування органічних і мінеральних добрив сприяє збереженню родючості ґрунту, покращенню його структури та значному

підвищенню врожайності основних сільськогосподарських культур. Його дослідження акцентують увагу на необхідності збалансованого підходу до використання добрив для забезпечення сталого розвитку аграрного сектору. В роботах Заболотного Ю.О. розглянуто питання ефективності органо-мінеральних добрив у підвищенні врожайності в умовах центральної частини України. Його результати демонструють, що органо-мінеральні суміші забезпечують тривале збереження родючості ґрунту, водночас зменшуючи потребу в використанні хімічних препаратів. Таким чином, українські дослідники підтверджують, що використання органічних добрив позитивно впливає на ґрунтові характеристики та екологічну стійкість агросистем, тоді як мінеральні добрива забезпечують швидкі результати у підвищенні врожайності. Однак більшість вчених схиляється до того, що оптимальним рішенням є комбіноване використання органічних і мінеральних добрив для забезпечення довготривалої родючості ґрунту та стабільного росту врожайності [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15].

**Мета і завдання дослідження.** Метою цієї роботи є аналіз впливу різних типів добрив на родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур, зокрема оцінка ефективності органічних та мінеральних добрив, їхньої комбінації, а також формування рекомендацій щодо оптимізації використання добрив у сучасному землеробстві.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження впливу органічних та мінеральних добрив на родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур було проведено на основі багаторічних експериментів в умовах українських чорноземів. Метою дослідження було визначення найбільш ефективних схем удобрення для забезпечення стабільної продуктивності агроєкосистем з одночасним збереженням родючості ґрунту.

Органічні добрива, зокрема гній, сидерати та компости, застосовувалися на різних етапах сівозміни для покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Дослідження показали, що використання органічних добрив сприяло підвищенню вмісту гумусу, поліпшенню структури ґрунту та збільшенню його водоутримуючої здатності. Зокрема, внесення 30 т/га гною призвело до зростання вмісту органічної речовини у ґрунті на 0,5–1,2% протягом трьох років.



Аналіз врожайності культур (пшениця, кукурудза) після використання органічних добрив показав стабільне збільшення показників на 15–20% у порівнянні з контрольними ділянками без удобрення. Особливо ефективним було застосування органічних добрив на деградованих та виснажених ґрунтах, де відбулося помітне відновлення їх родючості.

Мінеральні добрива, такі як азотні, фосфорні та калійні, використовувалися в різних дозах для порівняння їхнього впливу на врожайність та стан ґрунту. Найкращі результати щодо підвищення врожайності отримано при внесенні азотних добрив (NPK), особливо на ранніх етапах вегетації. В середньому, застосування мінеральних добрив дозволило підвищити врожайність зернових культур на 25–30% у порівнянні з контрольними ділянками.

Однак, тривале використання мінеральних добрив без належного чергування з органічними призводило до поступового зниження вмісту гумусу та інших важливих показників родючості ґрунту. Це підтверджує необхідність інтегрованого підходу до удобрення для збереження ґрунтової родючості на довгострокову перспективу.

Інтеграція органічних і мінеральних добрив в агротехнології продемонструвала найкращі результати щодо підвищення врожайності та збереження родючості ґрунту. Поєднання 50% органічних добрив і 50% мінеральних добрив призвело до збільшення врожайності на 35–40% порівняно з традиційними методами удобрення лише органічними чи мінеральними добривами.

Цей підхід дозволяє максимально використовувати переваги обох типів добрив: швидке насичення ґрунту необхідними елементами живлення завдяки мінеральним добривам та довготривале поліпшення структури ґрунту та збагачення його гумусом за рахунок органічних добрив.

Проведені дослідження родючості ґрунту дозволили змоделювати залежність рівнів поживних речовин у ґрунті від типу добрив із застосуванням множинної лінійної регресії, яка має наступний вигляд:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_3 + \varepsilon, \quad (1)$$

де  $Y$  – рівень кожного поживного елементу (органічна речовина, азот,

фосфор, калій);  $\beta_0 + X_1, X_2, X_3$  – змінні, що представляють органічні, мінеральні та комбіновані добрива;  $\beta_0$  – константа, яка враховує рівень показника без добрив;  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  – коефіцієнти впливу відповідних добрив;  $\varepsilon$  – випадкова похибка.

Графічне відображення (рис. 1) зміни вмісту ключових поживних речовин у ґрунті (органічної речовини, азоту (N), фосфору (P) та калію (K)) залежно від використаних добрив: органічні добрива підвищують вміст органічної речовини та калію, але мають менший вплив на рівень азоту і фосфору; мінеральні добрива демонструють найбільший вплив на рівень фосфору і азоту, проте майже не збільшують вміст органічної речовини; комбіновані добрива показують збалансований вплив на всі показники; контроль (без добрив) має найнижчі показники по всіх параметрах.

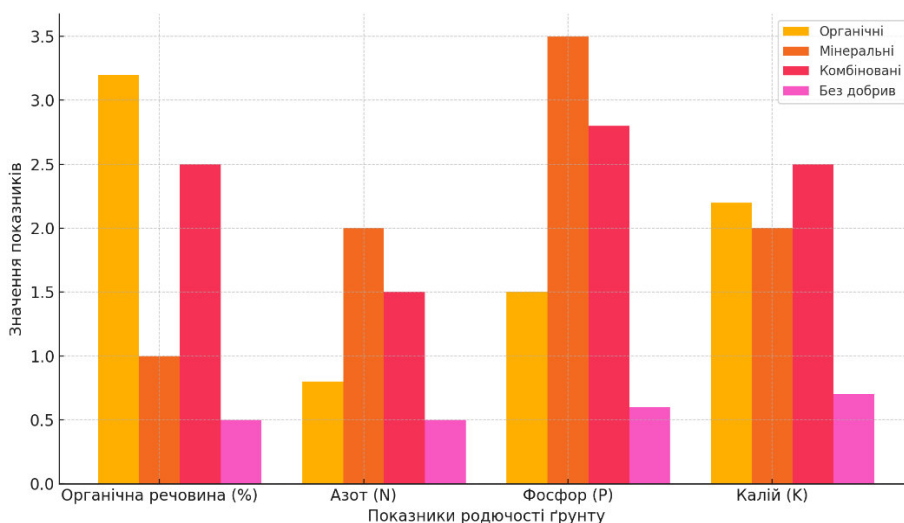


Рис. 1. Вплив різних типів добрив на родючість ґрунту

Дослідження врожайності культур дозволили змодельовати описати вплив добрив на врожайність використовувати нелінійну регресійну модель та логістичну модель, оскільки зростання врожайності може мати точку насичення. Одним з можливих варіантів є модель залежності врожайності від рівня поживних речовин у ґрунті:

$$Y_{\varepsilon} = \alpha + \gamma_1 \cdot N + \gamma_2 \cdot P + \beta_3 \cdot K + \beta_4 \cdot OM + \varepsilon, \quad (2)$$

де  $Y_{\varepsilon}$  – врожайність (т/га);  $N, P, K, OM$  – рівні азоту, фосфору, калію та

органічної речовини у ґрунті;  $\alpha$  – константа (врожайність без добрив);  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$  – коефіцієнти впливу кожного поживного елементу;  $\varepsilon$  – випадкова похибка.

Графічна залежність (рис. 2) демонструє врожайність культур (т/га) при використанні різних типів добрив: органічні добрива забезпечують середню врожайність на рівні 7.5 т/га; мінеральні добрива демонструють найвищу врожайність – 9.0 т/га; комбіновані добрива також забезпечують високу врожайність на рівні 8.5 т/га; без добрив дає найнижчу врожайність – 5.0 т/га.

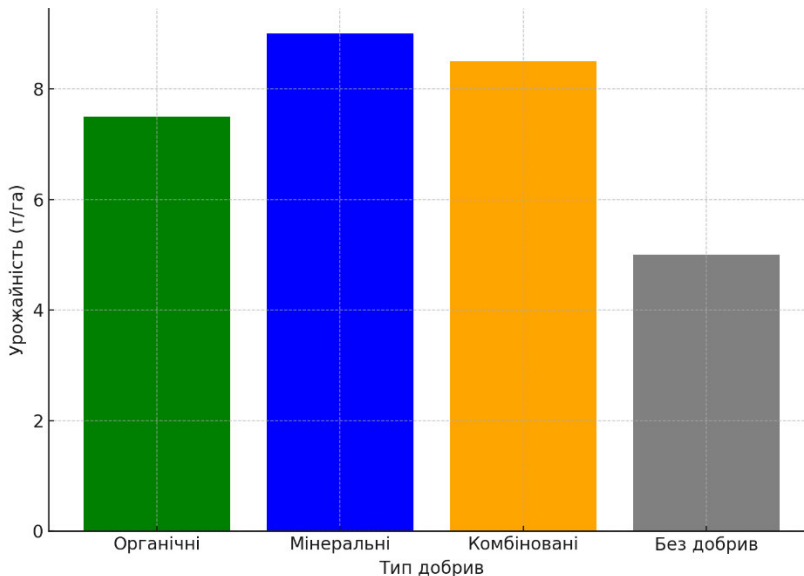


Рис. 2. Вплив добрив на врожайність сільськогосподарських культур

Моделі дозволять краще описати залежності між добривами, родючістю ґрунту та врожайністю, що є важливим для прогнозування оптимальних умов для сільськогосподарських культур.

Дослідження показали, що застосування виключно мінеральних добрив у великих дозах може спричиняти екологічні ризики, такі як забруднення підземних вод нітратами та деградація ґрунтових мікроорганізмів. Натомість комбіноване застосування добрив допомагає мінімізувати ці ризики та зберегти екологічну стійкість агроecosystem.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що використання інтегрованих схем удобрення з поєднанням органічних

та мінеральних добрив є найбільш ефективним для забезпечення стабільної продуктивності сільськогосподарських культур і збереження родючості ґрунту на тривалий період.

Ці результати також можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо оптимізації використання добрив у різних регіонах України залежно від агрокліматичних умов та типів ґрунтів.

**Висновки.** Використання органічних, мінеральних і комбінованих добрив має значний вплив на родючість ґрунту, зокрема на рівні основних поживних елементів: азоту, фосфору, калію та органічної речовини. Органічні добрива сприяють підвищенню вмісту органічної речовини та калію в ґрунті, що є критично важливим для підтримки довгострокової родючості. Мінеральні добрива значно підвищують рівні азоту і фосфору, що забезпечує швидке покращення умов для росту рослин. Комбіноване використання органічних і мінеральних добрив забезпечує збалансований ефект, покращуючи як органічну структуру ґрунту, так і доступність макроелементів.

Усі типи добрив сприяють підвищенню врожайності в порівнянні з контрольними зразками (без добрив). Мінеральні добрива показують найбільшу ефективність, забезпечуючи максимальну врожайність, що пояснюється їх здатністю швидко доставляти необхідні поживні речовини. Органічні добрива також покращують врожайність, проте їхній вплив більш помірний і довготривалий. Комбіноване застосування добрив забезпечує високу врожайність за рахунок поєднання швидкої доступності мінералів та поліпшення структури ґрунту завдяки органічним складовим.

Найбільш ефективною стратегією для підвищення як родючості ґрунту, так і врожайності культур, є комбіноване застосування органічних та мінеральних добрив. Такий підхід дозволяє досягти високих врожаїв у короткостроковій перспективі завдяки мінеральним компонентам, і водночас підтримувати довгострокову родючість ґрунту за рахунок поліпшення його структури органічними добривами.

Таким чином, раціональне використання органічних та мінеральних добрив є ключем до збільшення врожайності сільськогосподарських культур і підтримання здоров'я ґрунту, що важливо для сталого розвитку сільського господарства.

- 1.** Веремеєнко С. І., Польовий В. М., Трушева С. С. Зміна складу та властивостей дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України під впливом тривалого сільськогосподарського використання : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 180 с.
- 2.** Мазуркевич Л. І. Вплив тривалого застосування добрив на вміст поживних елементів у ґрунті, врожайність пшениці ярої та якість зерна. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Агронімія.* 2014. Вип. 195(1). С. 78–84.
- 3.** Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західному регіоні України / Зубець М. В. та ін. Київ : Аграрна наука, 2010. 944 с.
- 4.** Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2019. 318 с.
- 5.** Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації.* 2022. № 14. С. 18–22.
- 6.** Rekaby S. A., Eissa M. A., Hegab S. A., & Ragheb H. M. Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under SemiArid Conditions. *World Journal of Agriculture and Soil Science.* 2019. № 1. P. 1–6.
- 7.** Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M. et al. Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture.* 2022. Vol. 12, Issue. 5. Article 593.
- 8.** B. S. Brar, J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. Effects of long-term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maizewheat rotation. *Agronomy.* 2015. Vol. 5 (2). P. 220–238.
- 9.** Havlin J. L., Beaton J. D., Tisdale S. L. and Nelson W. L. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management.* 7th Edition. Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 2005. 515 p.
- 10.** Sharma S. and Singh J. Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies.* 2020. Vol. 8 (3). P. 459–464.
- 11.** Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів : монографія. К. : Аграрна наука, 2008. 308 с.
- 12.** Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів : НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
- 13.** Малиновська І. М. Мікробіологічні процеси у сірому лісовому ґрунті за мінерального удобрення, вапнування та заорювання побічної продукції рослинництва. *Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство : матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка.* 24–26 квітня 2023. С. 138–141.
- 14.** Вапнування кислих ґрунтів як основа підвищення ефективності дії добрив / Мазур Г. А., Сімачинський В. М., Медвідь Ю. Г. та ін. *Збірник наукових праць Інституту землеробства Української академії аграрних наук.* К. : Нора-прінт, 1998. Вип. 1. С. 3–9.
- 15.** Лопушняк В., Засекін Н. Оцінка мікробіологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за використання

ферментованих добрив. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. № 17 (1). С. 170–174.

## REFERENCES:

1. Veremeienko S. I., Polovyi V. M., Trusheva S. S. Zmina skladu ta vlastyvostei derno-vidzholystykh gruntiv Polissia Ukrainy pid vplyvom tryvaloho silskohospodarskoho vykorystannia : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2013. 180 s.
2. Mazurkevych L. I. Vplyv tryvaloho zastosuvannia dobryv na vmist pozhyvnykh elementiv u grunti, vrozhaunist pshenytsi yaroj ta yakist zerna. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser. Ahronomiia*. 2014. Vyp. 195(1). S. 78–84.
3. Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Polissia i zakhidnomu rehioni Ukrainy / Zubets M. V. ta in. Kyiv : Ahrarna nauka, 2010. 944 s.
4. Tkachenko M. A., Kondratiuk I. M., Borys N. Ye. Khimichna melioratsiia kyslykh gruntiv : monohrafiia. Vinnytsia : TVORY, 2019. 318 s.
5. Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Burliai O. L., Prytuliak R. M. Ahrokhimichni vlastyvosti chornozemu opidzolenoho za riznykh doz azotnykh dobryv i yikh poiednannia z inshymy vydamy mineralnykh dobryv. *Ahrarni innovatsii*. 2022. № 14. S. 18–22.
6. Rekaby S. A., Eissa M. A., Hegab S. A., & Ragheb H. M. Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under SemiArid Conditions. *World Journal of Agriculture and Soil Science*. 2019. № 1. P. 1–6.
7. Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M. et al. Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, Issue. 5. Article 593.
8. B. S. Brar, J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. Effects of long-term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maizewheat rotation. *Agronomy*. 2015. Vol. 5 (2). P. 220–238.
9. Havlin J. L., Beaton J. D., Tisdale S. L. and Nelson W. L. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition. Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 2005. 515 p.
10. Sharma S. and Singh J. Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. Vol. 8 (3). P. 459–464.
11. Mazur H. A. Vidtvorenna i rehuliuвання rodiuchosti lehkykh gruntiv : monohrafiia. K. : Ahrarna nauka, 2008. 308 s.
12. Lykhochvor V. V. Mineralni dobryva ta yikh zastosuvannia. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii», 2008. 312 s.
13. Malynovska I. M. Mikrobiolohichni protsesy u siromu lisovomu grunti za mineralnoho udobrennia, vapnuvannia ta zaoriuvannia pobichnoi produktsii roslynnytstva. *Grunty, stalji rozvytok ta ukrainske gruntoznavstvo : materialy Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii, prysviachenoï 120-richchiu vid Dnia Narodzhennia Hryhoriia Andrushchenka*. 24–26 kvitnia 2023. S. 138–141.
14. Vapnuvannia kyslykh gruntiv yak osnova pidvyshchennia efektyvnosti dii

dobryv / Mazur H. A., Simachynskiy V. M., Medvid Yu. H. ta in. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva Ukrainskoi akademii ahrarnykh nauk. K. : Nora-print, 1998. Vyp. 1. S. 3–9. 15.* Lopushniak V., Zasiakin N. Otsinka mikrobiolohichnoi aktyvnosti dernovo-pidzolistoho gruntu za vykorystannia fermentovanykh dobryv. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia. 2013. № 17 (1). S. 170–174.*

---

**Valetska O. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Nalobina O. O., Doctor of Engineering, Professor, Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D), Associate Professor, Holotiuk M. V., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor, Pylypaka T. S., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor, Shymko A. B., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **INFLUENCE OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON SOIL FERTILITY AND YIELD OF AGRICULTURAL CROPS**

The article examines the impact of organic and mineral fertilizers on soil fertility and crop yield. One of the key problems of modern agriculture is maintaining soil fertility while simultaneously ensuring high productivity of crop production. Organic and mineral fertilizers play an important role in this process, but their effects differ depending on the composition, application conditions and soil type. The study compared the effect of organic, mineral and combined fertilizers on the content of the main nutrients in the soil (organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium) and yield. The results showed that organic fertilizers significantly improve the content of organic matter and potassium in the soil, which positively affects its structure and long-term fertility. Mineral fertilizers, on the other hand, provide a rapid increase in nitrogen and phosphorus levels, which are important for rapid plant growth. The combined use of organic and mineral fertilizers showed the most balanced effect, combining the advantages of both types of fertilizers. The effect on yield was significant for all fertilizer types compared to the control (no fertilizer). The highest yield was provided by mineral fertilizers, but organic and combined fertilizers also contributed to a significant

**increase in yield. It is important to note that the long-term use of only mineral fertilizers without the introduction of organic components can lead to the depletion of organic matter in the soil, which will negatively affect its fertility in the future. The results of the study indicate the importance of the combined use of organic and mineral fertilizers to achieve optimal yield indicators and maintain long-term soil fertility. This approach allows not only to ensure the stable productivity of agricultural crops, but also to preserve the ecological stability of agroecosystems. This study highlights the need to develop integrated fertilization strategies that address both short- and long-term soil and crop needs. Further research could focus on analyzing the effects of different dosages and combinations of fertilizers under different climatic and soil conditions to further understand their effects on the fertility and productivity of agroecosystems.**

***Keywords:* agrotechnological systems; mineral fertilizers; yield; chemical meliorants; acidity; nutrients.**



**Грищенко О. М., к.с.-г.н., учений секретар, Паламарчук Р. П., в. о. генерального директора** (Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, ORCID: 0000-0002-1241-7183, ORCID: 0000-0002-5965-1305, grischenkoel@ukr.net), **Куліджанов Е. В., к.с.-г.н., доцент, директор** (Одеський міжрегіональний центр ДУ «Держґрунтохорона», ORCID: 0000-0003-2808-0199), **Грищенко В. О., провідний фахівець** (Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, ORCID: 0009-0003-8550-2033), **Вознюк Н. М., к.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, n.m.voznyuk@nuwm.edu.ua)

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

**Висвітлено вплив тривалого підтоплення земель сільськогосподарського призначення внаслідок руйнування дамби Каховської ГЕС. Наведено результати експериментальних досліджень реакції ґрунтового розчину, вмісту гумусу, рухомих сполук фосфору та калію у тринадцяти пробах ґрунту, відібраних на території Березнегуватської та Снігурівської ТГ Баштанського району Миколаївської області. Встановлено стан ґрунтового покриву підтоплених земельних ділянок шляхом порівняння отриманих показників до фонових значень на земельних ділянках, які не зазнали негативного впливу та характеризувалися тією ж агропромисловою групою ґрунтів.**

**За результатами проведених досліджень проб ґрунту, відібраних на ділянках, які зазнали підтоплення, встановлено підкислення ґрунтового розчину порівняно з фоновими значеннями на 6 ділянках (від 0,1 до 0,5 од. рН) та підлуження на 6 ділянках (від 0,1 до 0,8 од. рН). Порівнюючи з фоновими значеннями, вміст гумусу (органічної речовини) у 5 проаналізованих зразках ґрунту зменшився (від 0,12 до 0,83%), у 8 – збільшився (від 0,1 до 1,27%) та варіював від 3,4 до 6,17 %. Уміст азоту за нітрифікаційною здатністю**

у відібраних пробах варіював від підвищеного (18,3 мг/кг ґрунту) до дуже високого (1210,2 мг/кг ґрунту). Порівнюючи з фоновим значенням, на усіх ділянках відмічено зростання вмісту азоту від 3,4 до 1185,3 мг/кг ґрунту. На підтоплених ділянках правобережжя встановлено більш інтенсивне зростання вмісту азоту порівняно з підтопленими ділянками на лівому березі Дніпра. Значне зростання вмісту азоту спричинене не лише нанесенням високоорганічного мулу та намулу, але й складом води та тривалістю підтоплення, між умістом азоту та гумусу виявлено помірний кореляційний зв'язок ( $r = 0,44$ ).

На всіх обстежуваних земельних ділянках виявлено значне збільшення (від 1,7 до 2,93 раза) вмісту рухомих сполук калію в ґрунті, їх уміст варіював від 552 до 1019 мг/кг ґрунту. Також на більшості підтоплених ділянок встановлено збільшення вмісту рухомих сполук фосфору (від 1,1 до 3,3 раза), а вміст рухомих сполук фосфору варіював від середнього (19 мг/кг ґрунту) до дуже високого (100 мг/кг ґрунту).

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

**Постановка проблеми.** Підірвавши греблю Каховської ГЕС, російські окупанти спричинили найбільшу на нашому континенті з часів Чорнобильської трагедії техногенну катастрофу, яка ще тривалий час матиме катастрофічний вплив на південні регіони України [1]. Каховська ГЕС була однією із найбільших гідротехнічних споруд у Європі. Площа Каховського водосховища 2155 кілометрів квадратних, об'ємом води майже 19 кілометрів кубічних [2]. Унаслідок 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]. Неконтрольований скид води тривав приблизно 14 діб, за які майже весь об'єм водосховища (до 18 м<sup>3</sup>) пройшов затопленою ділянкою річки Дніпро [4]. Пік затоплення спостерігався 9 червня 2023 року, максимальна площа якого становила 620 км<sup>2</sup> [5]. Велика вода, яка зі значною швидкістю рухалася вниз за течією Дніпра, призвела до змивання верхнього родючого шару ґрунту, виникнення ерозійних

процесів, намулення та нанесення мулових мас з дна Каховського водосховища [6]. Руйнівною хвилею з ґрунтового покриву вимивалися поживні речовини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними науковців, підтоплення земель має значні негативні екологічні наслідки, призводить до деградації ґрунтового покриву (втрати його родючості) та погіршення умов ведення сільського господарства на цих територіях [7; 8].

Унаслідок руйнування складів сільгосппідприємств пошкоджено герметичність і цілісність ємностей зберігання добрив, що призвело до потрапляння їх у довкілля та рознесення водою на значну відстань. Також вода поширила на значні відстані донні відклади, які впродовж понад 60 років накопичувалися на дні Каховського водосховища. Осадкові відклади містять важкі метали, радіонукліди, залишки пестицидів, добрив та інші шкідливі речовини [9; 10; 11].

Установлено, що нанесений з дна Каховського водосховища мул є джерелом великої кількості органічних речовин, фосфору та калію та характеризується середньолужною реакцією. На відміну від мулу – намулення характеризувалося нижчою реакцією ґрунтового розчину, меншим умістом органічних речовин та азоту, порівнюючи з ґрунтом ділянки, на яку його було нанесено, проте як і мул містило значну кількість фосфору [12; 13].

Слід зауважити, що тривале підтоплення може негативно вплинути на агрохімічний стан ґрунтів. Тому особливого значення набуває питання вивчення агрохімічного стану підтоплених ґрунтів земель сільськогосподарського призначення. Для прикладу, тривале перезволоження ґрунту (підтоплення) призводить до процесів денітрифікації чи вилуговування (промивання) азоту [14]. За результатами досліджень виявлено процеси денітрифікації або вилуговування (промивання) на землях сільськогосподарського призначення на території Херсонської області, які зазнали підтоплення внаслідок руйнування Каховської ГЕС. Збільшення вмісту азоту встановлено на ділянках зі значним нанесенням мулових осадів та водоростей [12; 13].

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

**Об'єктом досліджень** слугували 13 проб ґрунту, відібраних на території Березнегуватської та Снігурівської ТГ Баштанського району Миколаївської області (табл. 1, рис. 1, 2). Агровиробничі групи ґрунтів досліджуваних ділянок наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Місця відбору проб для досліджень

№ проби	Кадастровий номер	Місце відбору
1	4821183000:10:000:0014	с. Тернівка, Березнегуватська ТГ, Баштанський р-н
2	4821183000:10:000:0030	
	4821183000:10:000:0029	
	4821183000:10:000:0039	
3	4821183000:10:000:0028	
4	4821183000:10:000:0071	
5	4821183000:10:000:0057	
6	4821183000:10:000:0019	
	4821183000:10:000:0020	
	4821183000:10:000:0021	
7	4821183000:10:000:0022	
8	4821183000:10:000:0981	
9	4821183000:10:000:0012	с. Яковлівка, Березнегуватська ТГ, Баштанський р-н
	4821183000:10:000:0013	
10	4821182200:08:000:0060	
	4821182200:08:000:0065	
	4821182200:08:000:0062	
11	4821182200:05:000:0050	с. Веселий Кут, Березнегуватська ТГ, Баштанський р-н
12	4825782000:37:000:0015	с. Новопавлівське, Снігурівська ТГ, Баштанський р-н
	4825782000:37:000:0017	
	4825782000:37:000:0011	
	4825782000:37:000:0006	
	4825782000:37:000:0014	
13	4825782000:37:000:0009	
	4825782000:36:000:0031	



Рис. 1. Місця відбору проб ґрунту

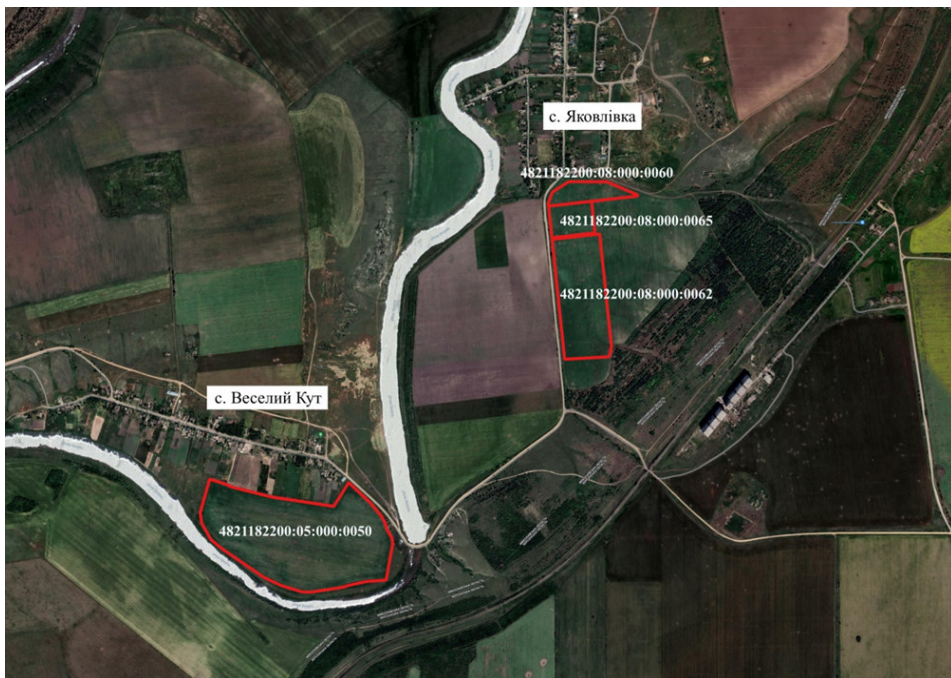


Рис. 2. Місця відбору проб ґрунту

Таблиця 2

Агровиробничі групи ґрунтів на обстежених ділянках

Кадастровий номер ділянки	Шифр та назва агровиробничої групи
1	2
4821183000:10: 000:0014	133в – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані; 134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
4821183000:10: 000:0030	134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
4821183000:10: 000:0029	133в – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані; 134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
4821183000:10: 000:0039	133в – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані
4821183000:10: 000:0028	134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
4821183000:10: 000:0071	134л – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені
4821183000:10: 000:0057	легкоглинисті ґрунти
4821183000:10: 000:0019	133в – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані; 134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти; 176б – дернові глибокі неоглеєні і глеюваті глинисто-піщані ґрунти та їх опідзолені відміни
4821183000:10: 000:0020	133в – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані; 134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти; 176б – дернові глибокі неоглеєні і глеюваті глинисто-піщані ґрунти та їх опідзолені відміни
4821183000:10: 000:0021	легкоглинисті ґрунти

## продовження табл. 2

4821183000:10: 000:0022	133в – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані; 134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
4821183000:10: 000:0981	133в – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані; 176б – дернові глибокі неоглеєні і глеюваті глинисто-піщані ґрунти та їх опідзолені відміни
4821183000:10: 000:0012	133в – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані; 134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти; 176б – дернові глибокі неоглеєні і глеюваті глинисто-піщані ґрунти та їх опідзолені відміни
4821183000:10: 000:0013	134е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
4821182200:08: 000:0060	209е – намиті чорноземи і лучно-чорноземні важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
4821182200:08: 000:0065	
4821182200:08: 000:0062	74е – чорноземи південні слабозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті; 209е – намиті чорноземи і лучно-чорноземні важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
4821182200:05: 000:0050	135е – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні середньо- і сильносолонцюваті засолені важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти

продовження табл. 2

4825782000:37: 000:0015	134л – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені легкоглинисті ґрунти
4825782000:37: 000:0017	
4825782000:37: 000:0011	
4825782000:37: 000:0006	
4825782000:37: 000:0014	
4825782000:37: 000:0009	
4825782000:36: 000:0031	104д – чорноземи щебенюваті сильнозмиті та дернові слабозвинені ґрунти на елівії щільних карбонатних порід середньосуглинкові; 134л – лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені легкоглинисті ґрунти

Лабораторний аналіз відібраних проб проводили в акредитованій лабораторії (за стандартом ISO/IEC–17025:2017) Південно-східного міжрегіонального центру ДУ «Держґрунтохорона». Реакцію ґрунтового розчину визначали відповідно до ДСТУ ISO 10390:2007 [15], вміст гумусу (органічної речовини) – ДСТУ 4289:2004 [16], рухомих сполук фосфору та калію – ДСТУ 4115:2002 [17], азоту за нітрифікаційною здатністю – ДСТУ 4729:2007 [18].

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 характеризувалися тією ж агровиробничою групою ґрунтів.

Розрахунки кореляційних взаємозв'язків здійснювали методом кореляційного аналізу за такою градацією: коефіцієнт кореляції ( $r$ )  $<0,3$  – залежність слабка, у межах  $0,3-0,7$  – середня,  $>0,7$  – сильна



(перевищує критичне значення).

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали в пакеті програм Excel та Statistika 6.0.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** За результатами проведених досліджень ділянок, які зазнали підтоплення, встановлено, що 6 з 13 відібраних зразків характеризувалися середньолужною реакцією ґрунтового розчину (від 7,6 до 7,9 од. рН), 5 зразків – слаболужною (від 7,1 до 7,5 од. рН) та 2 зразки – нейтральною (від 6,6 до 6,8 од. рН) (рис. 3).

Порівнюючи з фоновими значеннями, підкислення ґрунтового розчину встановлено на 6 ділянках – від 0,1 до 0,5 од. рН, також на 6 ділянках встановлено підлуження – від 0,1 до 0,8 од. рН. На одній ділянці реакція ґрунтового розчину залишилася на рівні фонового значення.

Підкислення ґрунтового розчину може свідчити про промивання солей у нижні горизонти ґрунту, що призводить до зменшення лужності ґрунтового покриву. Проте відмічено і зворотній процес, коли затоплення територій призвело до підняття рівня підґрунтових вод та розчинення солей (хлоридів та сульфатів), які залягають на глибині 70–120 см. Унаслідок розчинення солей, ґрунтові води мінералізуються, піднімаються по капілярах до поверхні ґрунту та випаровуються. Як наслідок, у верхньому шарі ґрунту залишаються розчинні солі, більшість з яких натрієві. Саме вони призводять до підлуження та осолонцювання ґрунтів.

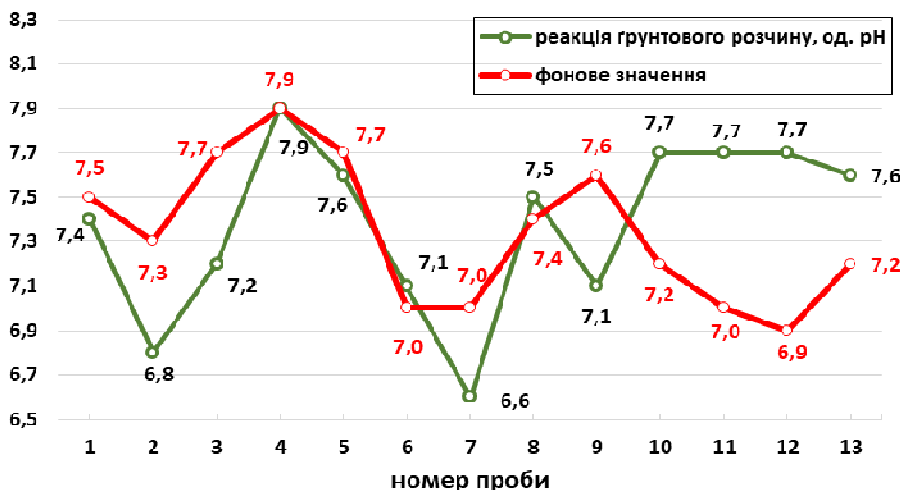


Рис. 3. Характеристика реакції ґрунтового розчину

Уміст гумусу (органічної речовини) у відібраних зразках варіював від підвищеного (3,4%) до дуже високого вмісту (6,17%). Порівнюючи з фоновим значенням, у 5 проаналізованих зразках ґрунту встановлено зменшення вмісту гумусу – від 0,12 до 0,83%, 8 зразках – збільшення вмісту гумусу – від 0,1 до 1,27%.

Збільшення вмісту гумусу в зразках ґрунту, відібраних після підтоплення, можна пояснити нанесенням високоорганічного мулу, що підтверджується результатами досліджень, проведених у Херсонському та Бериславському районах Херсонської області [13], зменшення – змиванням верхнього гумусового шару ґрунту (зmulенням) та перенесенням його з водою вниз за течією чи осадження на низовинних ділянках (рис. 4).

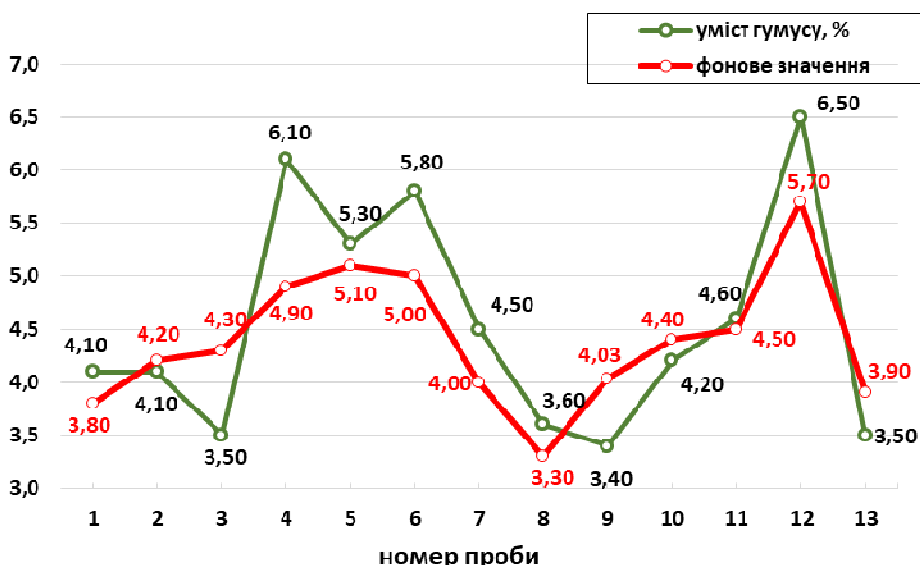


Рис. 4. Характеристика вмісту гумусу (органічної речовини) в зразках ґрунту

Уміст азоту за нітрифікаційною здатністю у відібраних зразках варіював від підвищеного (18,3 мг/кг ґрунту) до дуже високого (1210,2 мг/кг ґрунту). Порівнюючи з фоновим значенням, на усіх досліджуваних ділянках відмічено збільшення вмісту азоту – від 3,4 до 1185,3 мг/кг ґрунту (–7,8 до –85 %) (рис. 5).

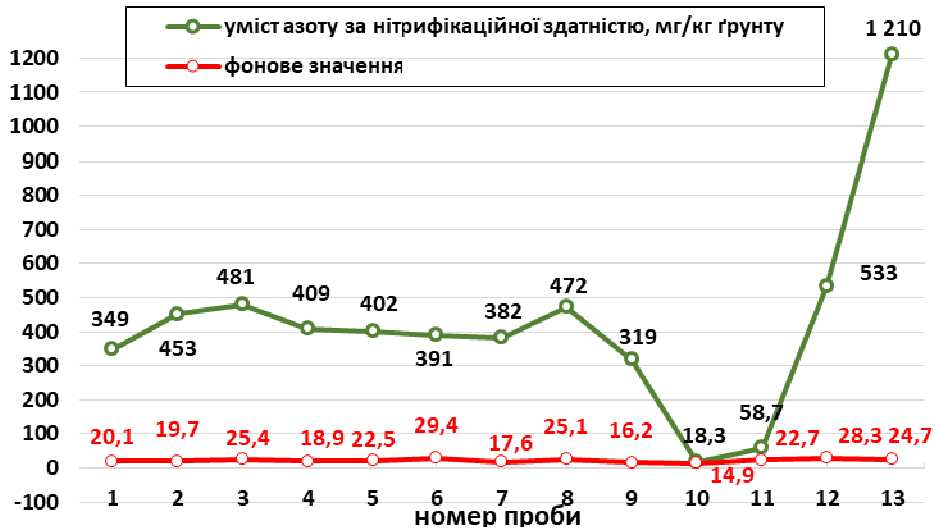


Рис. 5. Характеристика вмісту азоту за нітрифікаційною здатністю в зразках ґрунту

Найвищий вміст азоту (534 та 1210 мг/кг ґрунту – дуже високий вміст) та значне збільшення показника, порівнюючи з фоновим значенням, унаслідок підтоплення виявлено на ділянках № 12 та 13, розташованих на території с. Новопавлівське Снігурівської ТГ Баштанського району. Дещо нижчий його вміст (від 319 до 481 мг/кг ґрунту – дуже високий вміст) виявлено на ділянках № 1–9 на території с. Тернівка Мурахівського округу Березнегуватської ТГ Баштанського району. Порівнюючи з фоновим значенням, вміст азоту на цих ділянках збільшився від 13,3 до 23%. Слід зазначити, що ці ділянки розташовані на правому березі Дніпра, який є нижчим за лівий, і зазнали більш тривалого підтоплення.

Ділянка № 11, розташована на території с. Веселий Кут Любомирівського округу Березнегуватської ТГ Баштанського району, також знаходиться на правому березі Дніпра, але зазнала незначного та нетривалого підтоплення і ушкодження, бо знаходиться на великій відстані від русла річки. Також незначне ушкодження та збільшення вмісту азоту встановлено на ділянці № 10, розташованій на території с. Яковлівка (лівий беріг Дніпра) Любомирівського округу. Ці ділянки характеризуються високим (58,7 мг/кг ґрунту) та підвищеним (18,3 мг/ кг ґрунту) вмістом азоту.

За результатами проведених досліджень виявлено помірний кореляційний зв'язок ( $r = 0,44$ ) між вмістом азоту та гумусу. Тому

можна стверджувати, що значне зростання вмісту азоту спричинене не лише нанесенням високоорганічного мулу з дна Каховського водосховища та намулу, але й складом води та тривалістю підтоплення.

Також, одним з можливих факторів збільшення вмісту азоту може бути наявність водоростей, які досить швидко починають розвиватися на підтоплених територіях. Вони живляться добривами, що переходять у воду з ґрунту, та можуть суттєво збагачувати середовище азотом.

Також на більшості обстежуваних земельних ділянок виявлено значне збільшення вмісту *рухомих сполук фосфору та калію* в ґрунті (рис. 6, 7).

Усі досліджувані зразки ґрунту характеризувалися дуже високим умістом рухомих сполук калію (від 552 до 1019 мг/кг ґрунту), вміст рухомих сполук фосфору на досліджуваних ділянках варіював від середнього (19 мг/кг ґрунту) до дуже високого (100 мг/кг ґрунту). Два зразки ґрунту характеризувалися середнім ступенем забезпеченості (від 19 до 24 мг/кг ґрунту), по одному – підвищеним (40 мг/кг ґрунту) та високим (47 мг/кг ґрунту). Усі інші зразки мали дуже високий ступінь забезпеченості рухомими сполуками фосфору (від 61 до 99 мг/кг ґрунту).

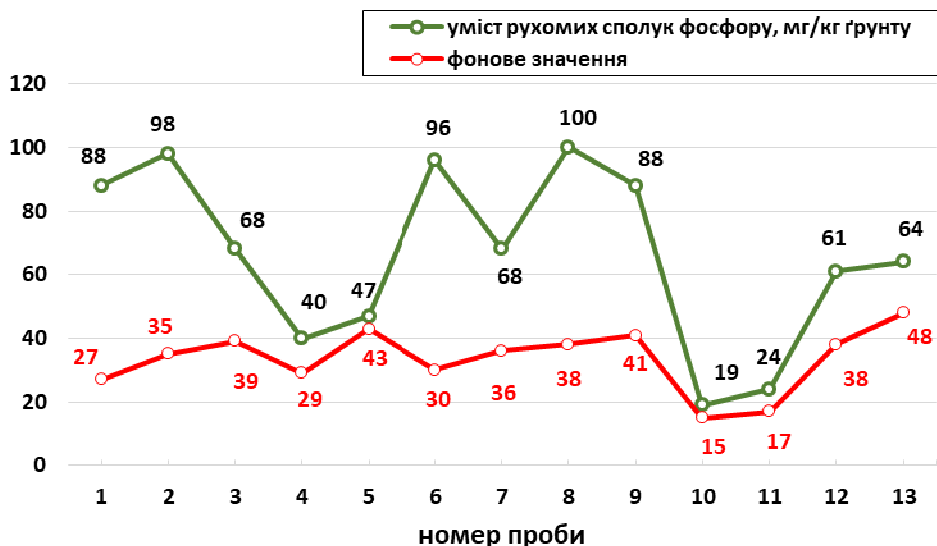


Рис. 6. Характеристика вмісту рухомих сполук фосфору в зразках ґрунту

Порівнюючи з фоновим значенням, на всіх досліджуваних ділянках встановлено збільшення вмісту рухомих сполук калію від 276 до 614 мг/кг ґрунту (від 1,7 до 2,93 раза), фосфору – від 4 до 65 мг/кг ґрунту (від 1,1 до 3,3 раза).

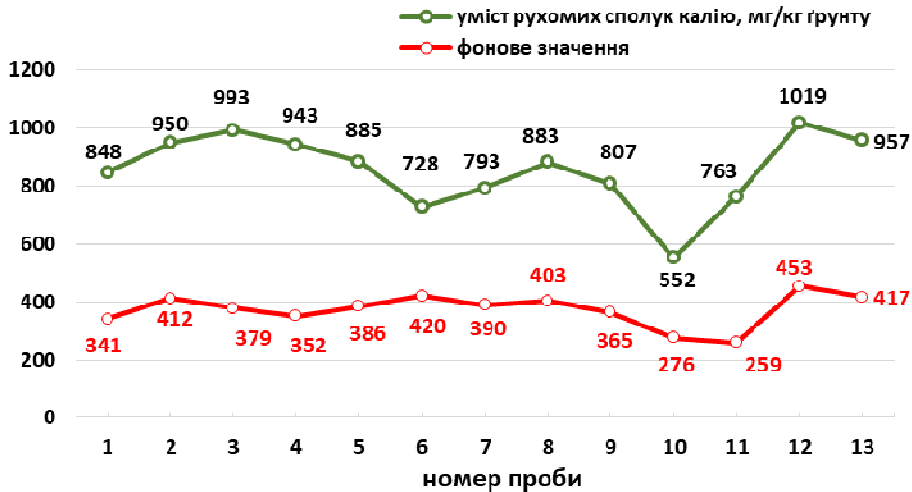


Рис. 7. Характеристика вмісту рухомих сполук калію в зразках ґрунту

Значне збільшення вмісту рухомих сполук фосфору та калію можна пояснити низкою хімічних процесів, які спрямовані на збільшення розчинності цих сполук під впливом затоплення ґрунтової поверхні. Ці процеси тісно пов'язані із терміном перебування ґрунтів під шаром води [20]. Також на зростання вмісту сполук фосфору та калію вплинуло додаткове намулення та нанесення мулу, що підтверджується результатами досліджень проведених у Херсонському та Бериславському районах Херсонської області [13] та діяльністю водоростей, біомаса яких може містити від 5 до 6% фосфору та калію.

На двох ділянках, одна з яких знаходилася на великій відстані від русла річки та зазнала нетривалого підтоплення, вміст рухомих сполук фосфору залишився на рівні фонового значення, проте вміст рухомих сполук калію збільшився, як і на всіх інших ділянках, що може свідчити про кращу розчинність сполук калію, ніж фосфору під впливом підтоплення.

**Висновок.** За результатами проведених досліджень проб ґрунту, відібраних на ділянках, які зазнали підтоплення внаслідок

руйнування Каховської ГЕС, встановлено підкислення ґрунтового розчину, порівнюючи з фоновими значеннями, на 6 ділянках (від 0,1 до 0,5 од. рН) та підлуження на 6 ділянках (від 0,1 до 0,8 од. рН). Промивання солей у нижні горизонти ґрунту призвело до зменшення лужності ґрунтового покриву, а різке підняття рівня підґрунтових вод та розчинення солей (хлоридів та сульфатів) – до підлуження та осолонцювання ґрунтів.

Порівнюючи з фоновими значеннями, вміст гумусу (органічної речовини) у 5 проаналізованих зразках ґрунту зменшився (від 0,12 до 0,83%), 8 – збільшився (від 0,1 до 1,27%) та варіював від 3,4 до 6,17%. Збільшення вмісту гумусу в зразках ґрунту можна пояснити нанесенням високоорганічного мулу, зменшення – змиванням верхнього гумусового шару ґрунту (змуленням) та перенесенням його з водою вниз за течією чи осадження на низовинних ділянках.

Уміст азоту за нітрифікаційною здатністю у відібраних пробах варіював від підвищеного (18,3 мг/кг ґрунту) до дуже високого (1210,2 мг/кг ґрунту). Порівнюючи з фоновим значенням, на усіх ділянках відмічено зростання вмісту азоту від 3,4 до 1185,3 мг/кг ґрунту. На підтоплених ділянках правобережжя встановлено більш інтенсивне зростання вмісту азоту порівняно з підтопленими ділянками на лівому березі Дніпра. Значне зростання вмісту азоту спричинене не лише нанесенням високоорганічного мулу та намулу, але й складом води та тривалістю підтоплення, між умістом азоту та гумусу виявлено помірний кореляційний зв'язок ( $r = 0,44$ ).

На всіх обстежуваних земельних ділянок виявлено значне збільшення (від 1,7 до 2,93 раза) вмісту рухомих сполук калію в ґрунті, уміст яких варіював від 552 до 1019 мг/кг ґрунту. На більшості ділянок встановлено збільшення вмісту рухомих сполук фосфору (від 1,1 до 3,3 раза), а вміст рухомих сполук фосфору варіював від середнього (19 мг/кг ґрунту) до дуже високого (100 мг/кг ґрунту). Збільшення вмісту рухомих сполук фосфору та калію є наслідком низки 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.

- 1.** Підрив Каховської ГЕС: В «Укргідроенерго» попередньо оцінили втрати. URL: <https://news.vn.ua/pidryv-kakhovskoi-hes-v-ukrhidroener-ho-poperedno-otsinyly-vtraty/>. (дата звернення: 10.07.2024).
- 2.** Каховське водосховище. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Каховське\\_водосховище/](https://uk.wikipedia.org/wiki/Каховське_водосховище/) (дата звернення: 10.07.2024).
- 3.** Підрив Каховської ГЕС: чотири категорії наслідків та план подальших дій. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/06/14/701156/>. (дата звернення: 10.07.2024).
- 4.** United Nations Environment Programme. Rapid Environmental Assessment of Kakhovka Dam Breach; Ukraine, 2023. Nairobi, Kenya.
- 5.** United Nations Satellite Centre (UNOSAT). Cumulative Satellite Detected Waters and Impact over Khersonska Oblast in Ukraine between 06 and 09 June 2023. URL: <https://unosat.org/products/3616>. (дата звернення: 10.07.2024).
- 6.** 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: 10.07.2024).
- 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. № 1 (73). С. 34–40.
- 8.** Тимочко Т. Підтоплення земель, як загроза національним інтересам. URL: [ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2009/item/53-pidtoplennia-zahroza-natsionalnym-interesam](http://ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2009/item/53-pidtoplennia-zahroza-natsionalnym-interesam). (дата звернення: 10.07.2024).
- 9.** Зацерковний В. І., Оберемок Н. В., Тішаєв І. В., Казанюк Т. А. Використання технологій геоінформаційних систем та дистанційне зондування землі для моніторингу водних об'єктів. *Наукоємні технології*. 2017. № 1 (33). С. 78–88.
- 10.** Обухов Є. В. Каховському водосховищу – 55 років. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 10. С. 119–125.
- 11.** Грищенко О. М., Паламарчук Р. П., Циганов І. В., Сироватко В. О., Яценко Ю. М. Уміст важких металів у донних відкладах осушеного Каховського водосховища. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. С. 53–65. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299939>.
- 12.** 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. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 106. Т. 2. С. 111–125 DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220249>.
- 13.** Технічний звіт з обстеження ґрунтів на території громад Баштанського району Миколаївської області, які зазнали підтоплення внаслідок руйнування Каховської ГЕС. ДУ «Держґрунтохорона» (рукопис). Київ. 2023. 55 с.
- 14.** Азот після «потопу». URL: <https://agroexpert.ua/azot-pislia-potopu/>. (дата звернення: 10.07.2024).
- 15.** ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН. [Чинний від 2009-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України,

2007. 8 с. **16.** ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. [Чинний від 2005–07–01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт, 2005. 14 с. **17.** 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. **18.** 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. **19.** Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. К., 2019. 108 с. **20.** Крикунов В. Г. Ґрунти і їх родючість : підручник. Київ : Вища школа, 1993. 287 с.

## REFERENCES:

**1.** Pidryv Kakhovskoi HES: V "Ukrhydroenerho" poperedno otsynyly vtraty. URL: <https://news.vn.ua/pidryv-kakhovskoi-hes-v-ukrhydroener-ho-poperedno-otsynyly-vtraty/>. (data zvernennia: 10.07.2024). **2.** Kakhovske vodoshkovyshche. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Kakhovske\\_vodoshkovyshche/](https://uk.wikipedia.org/wiki/Kakhovske_vodoshkovyshche/) (data zvernennia: 10.07.2024). **3.** Pidryv Kakhovskoi HES: chotyry katehorii naslidkiv ta plan podalshykh dii. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/06/14/701156/>. (data zvernennia: 10.07.2024). **4.** United Nations Environment Programme. Rapid Environmental Assessment of Kakhovka Dam Breach; Ukraine, 2023. Nairobi, Kenya. **5.** United Nations Satellite Centre (UNOSAT). Cumulative Satellite Detected Waters and Impact over Khersonska Oblast in Ukraine between 06 and 09 June 2023. URL: <https://unosat.org/products/3616>. (data zvernennia: 10.07.2024). **6.** Shcho chekaie Pivden Ukrainy pislia ruinuvannia Kakhovskoho vodoshkovyshcha. URL: <https://grivna.ua/publikatsii/sho-chekaie-pivden-ukrayini-pislyaruynuvannya-kahovskogo-vodoshovisha-06062023-100919>. (data zvernennia: 10.07.2024). **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. № 1 (73). S. 34–40. **8.** Tymochko T. Pidtoplennia zemel, yak zahroza natsionalnym interesam. URL: [ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2009/item/53-pidtoplennia-zahroza-natsionalnym-interesam](http://ecoleague.net/pro-vel/misiia-vel/vystupy-publikatsii/2009/item/53-pidtoplennia-zahroza-natsionalnym-interesam). (data zvernennia: 10.07.2024). **9.** Zatserkovnyi V. I., Oberemok N. V., Tishaiev I. V., Kazaniuk T. A. Vykorystannia tekhnolohii heoinformatsiinykh system ta dystantsiine zonduvannia zemli dlia monitorynhu vodnykh obektiv. *Naukoiemni tekhnolohii*. 2017. № 1 (33). S. 78–88. **10.** Obukhov Ye. V. Kakhovskomu vodoshkovyshchu – 55 rokiv. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi*



*zhurnal*. 2012. № 10. S. 119–125. **11.** Hryshchenko O. M., Palamarchuk R. P., Tsyhanov I. V., Syrovatko V. O., Yatsenko Yu. M. Umist vazhkykh metaliv u donnykh vidkladakh osushenoho Kakhovskoho vodoskhovyshcha. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2024. № 1. S. 53–65. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299939>. **12.** Palamarchuk R. P., Hryshchenko O. M., Zhukova Ya. F., Hryshchenko V. O., Vozniuk N. M. Ahrokhimichna otsinka zemel silskohospodarskoho pryznachennia Khersonskoi oblasti, yaki zaznaly pidtoplennia vnaslidok ruinuвання Kakhovskoi HES. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2024. № 106. T. 2. S. 111–125 DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220249>. **13.** Tekhnichniy zvit z obstezhennia gruntiv na terytorii hromad Bashtanskoho raionu Mykolaivskoi oblasti, yaki zaznaly pidtoplennia vnaslidok ruinuвання Kakhovskoi HES. DU «Derzhgruntokhorona» (rukopys). Kyiv. 2023. 55 s. **14.** Azot pislia «potopu». URL: <https://agroexpert.ua/azot-pislia-potopu/>. (data zvernennia: 10.07.2024). **15.** DSTU ISO 10390:2007. Yakist gruntu. Vyznachennia rN. [Chynnyi vid 2009-10-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minekonomrozvytku Ukrainy, 2007. 8 s. **16.** DSTU 4289:2004. Yakist gruntu. Metody vyznachennia orhanichnoi rehovyny. [Chynnyi vid 2005-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart, 2005. 14 s. **17.** DSTU 4115-2002. Grunty. Vyznachennia rukhomykh spoluk fosforu i kaliuu za modyfikovanyim metodom Chyrykova. [Chynnyi vid 2003-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhavnyi komitet Ukrainy z pytan tekhnichnoho reholiuvannia ta spozhyvchoi polityky, 2002. 10 s. **18.** DSTU 4729:2007. Yakist gruntu. Vyznachennia nitratnoho i amoniinoho azotu v modyfikatsii NNTs IGA im. O. N. Sokolovskoho. [Chynnyi vid 2008-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart, 2008. 14 s. **19.** Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia : kerivnyi normatyvnyi dokument / za red. I. P. Yatsuka, S. A. Baliuka. K., 2019. 108 s. **20.** Krykunov V. H. Grunty i yikh rodiuchist : pidruchnyk. Kyiv : Vyscha shkola, 1993. 287 s.

---

**Hryshchenko O. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Scientific Secretary, Palamarchuk R. P., Acting General Director (State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Kyiv), Kulidzhanov E. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Director (Odesa Interregional Center State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Odesa), 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 MYKOLAIV REGION WHICH WERE FLOODED AS A RESULT OF DESTRUCTION KAKHOVKA HPP**

**The impact of long-term flooding of agricultural lands due to the destruction of the Kakhovka HPP dam is highlighted. The results of experimental studies of the reaction of the soil solution, humus content, mobile compounds of phosphorus and potassium in thirteen soil samples taken on the territory of Berezneguvate and Snigurivka territorial community of Bashtan district of Mykolaiv 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 studies of soil samples taken from the areas that were flooded, acidification of the soil solution compared to the background values was established in 6 areas (from 0.1 to 0.5 units of pH) and alkalization in 6 areas (from 0.1 to 0.8 pH units). Compared with background values, the content of humus (organic matter) in 5 analyzed soil samples decreased (from 0.12 to 0.83%), in 8 it increased (from 0.1 to 1.27%) and varied from 3.4 to 6.17%. Nitrogen content by nitrification capacity in the selected samples varied from high (18.3 mg/kg of soil) to very high (1210.2 mg/kg of soil). Compared to the background value, an increase in nitrogen content from 3.4 to 1185.3 mg/kg of soil was noted at all sites. A more intense increase in nitrogen content was established in the flooded areas of the right bank compared to the flooded areas on the left bank of the Dnieper. A significant increase in the nitrogen content is caused**

not only by the application of highly organic silt and silt, but also by the composition of water and the duration of flooding, a moderate correlation was found between the nitrogen and humus content ( $r = 0.44$ ).

A significant increase (from 1.7 to 2.93 times) in the content of mobile potassium compounds in the soil was found on all surveyed land plots, their content varied from 552 to 1019 mg/kg of soil. Also, an increase in the content of mobile phosphorus compounds (from 1.1 to 3.3 times) was found in most flooded areas, and the content of mobile phosphorus compounds varied from average (19 mg/kg soil) to very high (100 mg/kg soil).

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

**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, grischenkoel@ukr.net), **Ліхо О. А., к.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, o.a.liho@nuwm.edu.ua)

### **ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ПРОТИ ЗВИЧАЙНОГО ПАВУТИННОГО КЛІЩА В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Досліджено технічну ефективність застосування біологічних препаратів для захисту яблуні від звичайного павутинного кліща у 2021–2022 рр. в умовах Західного Лісостепу України. Дослідженнями встановлено, що біологічні препарати показали ефективність дії проти звичайного павутинного кліща в межах 26,0–57,1%. Урожайність яблуневих насаджень при дослідженні біологічних препаратів становила 11,6–12,3 т/га. Найвищу ефективність у фенофазу «рожевий бутон» отримали при застосуванні препарату Біоспектр БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га), а також суміші препаратів Боверин БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) та Метаризин БТ, р. (3,0 дм<sup>3</sup>/га) – 50,4%, найефективнішим у фенофазу «формування плодів» виявився препарат Біоспектр БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) – 57,1%, а у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) найефективнішою була дія суміші препаратів Боверин БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) та Метаризин БТ, р. (3,0 дм<sup>3</sup>/га) – 57,1%. 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 дм<sup>3</sup>/га) – від 26,0% до 30,3%. Ефективним було застосування суміші Боверину БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) та Метаризину БТ, р. (3,0 дм<sup>3</sup>/га), що дозволило отримати ефективність на 4–29% вищу,

ніж за застосування даних препаратів окремо.

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

**Постановка проблеми.** Плодовим насадженням яблуні значних збитків завдають близько 180 видів шкідників, які мають різний видовий склад, різні способи життя й пошкодження, які вони завдають [1].

Одними з найпоширеніших шкідників яблуневих насаджень є кліщі. Але найбільш поширеним в садових екоценозах Західного Лісостепу України є звичайний павутинний кліщ (*Schisotetranychus pruni* Oudms). Листя, пошкоджене павутинними кліщами, знебарвлюється вздовж жилок, буріє, скручується. Самиця завдовжки 0,4 мм, видовженоокулярна, з боків здавлена, зеленувато-жовта із темними цятками їжі, які просвічуються в кишечнику. Яйце завдовжки 0,11 мм, сферичне, прозоре або мутно-жовте, лежить на листку. Зимує кліщ невеликими колоніями у ґрунті, під опалим листям і під відшарованими ділянками кори на плодових деревах. Навесні у період розпускання бруньок у квітні мігрують на листя, де розмножуючись, створюють великі колонії. Дає п'ять-шість поколінь [1–3].

Сучасні системи захисту яблуневого саду від шкідливих організмів, в тому числі і від звичайного павутинного кліща, базуються на інтенсивному застосуванні хімічних пестицидів. Тому важливим є зменшення негативного впливу хімічних засобів захисту шляхом застосування препаратів біологічного походження.

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

Бровдій В. М. та ін., Дядечко М. П. та ін. зазначають, що останнім часом поряд з іншими методами зменшення чисельності фітофагів, широко застосовується також і біологічний метод. Застосування біологічних препаратів є вартим уваги, адже біологічні препарати, хоча й мають нижчу ефективність у порівнянні з хімічними, але вони є екологічно безпечнішими. На відміну від хімічних пестицидів, біологічні препарати характеризуються більш уповільненою дією, але мають метатоксичний ефект і за певних умов можуть спричинити

епізоотії у комах. Сьогодні, на заміну пестицидам біоцидної дії, прийшли селективні препарати, які є аналогами природних сполук та при попаданні в екосистеми не викликають якісних і кількісних змін серед компонентів біоти, а лише змінюють чисельність одного виду [4–6].

Як вказують Борзих О. І. та ін., Федоренко В. П. та ін. в умовах інтенсифікації садівництва особливістю стратегії захисту яблуневих насаджень повинно бути посилення екологічного підходу до розробки та реалізації захисних заходів з максимальним застосуванням біологічних засобів [7–8].

Нині є багато біопрепаратів, які використовують проти шкідників яблуні, але ефективність їхньої дії різна. У зв'язку з тим, що чисельність звичайного павутинного кліща постійно збільшується, було досліджено ефективність дії біологічних препаратів саме проти даного фітофага. Це дасть можливість не лише проаналізувати ефективність їх дії проти фітофага, 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 звичайного павутинного кліща 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 [9–10] 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 [11].

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 [9].

Ефективність дії інсектицидів (Еф, %) розраховували за формулою:

$$E = 100 * (1 - (B * a / A * b)), \quad (1)$$

де  $E$  – ефективність препарату у відсотках зниження чисельності шкідника;  $A$  – кількість живих особин на дослідній ділянці до обробки;  $B$  – кількість живих особин на дослідній ділянці після обробки;  $a$  – кількість живих особин у контролі до обробки;  $b$  – 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 слабкокислою реакцією ґрунтового розчину ( $\text{pH}_{\text{сол.}}$  – 5,2). Забезпеченість ґрунту рухомими сполуками фосфору середня ( $\text{P}_2\text{O}_5$  – 78 мг/кг ґрунту), рухомими сполуками калію – середня ( $\text{K}_2\text{O}$  – 79 мг/кг ґрунту), азотом, що легкогідролізується – дуже низька (92 мг/кг ґрунту). Агроекологічна оцінка в балах складає 35 із 100.

Для боротьби з звичайним павутинним кліщем у 2021–2022 роках було досліджено наступні препарати: Актофіт БТ (аверсектин С, 0,2%), к.е. у нормі 2,0 дм<sup>3</sup>/га, 3,0 дм<sup>3</sup>/га та 4,0 дм<sup>3</sup>/га; 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 дм<sup>3</sup>/га; 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 дм<sup>3</sup>/га; суміш 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 дм<sup>3</sup>/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 дм<sup>3</sup>/га; Бітоксубацилін БТ (життєздатні клітини *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (серотип 1), титр не нижче  $2,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> і спорокристалічний комплекс з токсинами двох видів:  $\beta$ -екзотоксин і  $\delta$ -ендотоксин), р. у нормі 3,0 дм<sup>3</sup>/га, 4,0 дм<sup>3</sup>/га та 5,0 дм<sup>3</sup>/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 дм<sup>3</sup>/га, 6,0 дм<sup>3</sup>/га та 10,0 дм<sup>3</sup>/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 завдавав звичайний павутинний кліщ.

Препарат Актофіт БТ (аверсектин С, 0,2%), к.е. у нормі 2,0 дм<sup>3</sup>/га для боротьби з звичайним павутинним кліщем було внесено у фенофази: «рожевий бутон», «формування плодів», «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) (таблиця). Початкова ефективність проведених обприскувань становила 19,1%, 19,6% та 20,8%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб становила 40,1%, 43,0% та 42,1%.

Таблиця

Ефективність інсектицидів біологічного походження проти звичайного павутинного кліща, 2021–2022 рр.

Варіант, норма внесення	*Кратність обробки	Чисельність кліщів, особин/100 лист.			Ефективність проти кліща, %	
		до обр.	через 2 доби	через 7 діб	через 2 доби	через 7 діб
Контроль (вода)	1	180,5	187,4	215,3	-	-
	2	255,3	261,6	278,7	-	-
	3	323,6	328,1	341,5	-	-
Хімічний еталон: Каліпсо 480 SC, к.с. (0,3 дм <sup>3</sup> /га)	1	181,3	69,8	27,6	62,9	<b>87,2</b>
	2	254,8	87,5	33,4	66,5	<b>88,0</b>
	3	323,8	95,9	35,7	70,8	<b>89,6</b>
Актофіт БТ, к.е. (2,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	181,5	152,4	129,7	19,1	<b>40,1</b>
	2	255,2	210,3	158,8	19,6	<b>43,0</b>
	3	322,9	259,4	197,2	20,8	<b>42,1</b>
Актофіт БТ, к.е. (3,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	182,1	149,6	128,8	20,9	<b>40,7</b>
	2	256,1	206,3	141,4	21,4	<b>49,4</b>
	3	323,2	256,7	191,4	21,7	<b>43,9</b>
Актофіт БТ, к.е. (4,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	180,3	143,4	122,4	23,4	<b>43,1</b>
	2	254,7	198,4	138,8	24,0	<b>50,1</b>
	3	324,7	248,8	181,3	24,4	<b>47,1</b>
Боверин БТ, р. (20,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	181,4	146,5	121,3	22,2	<b>43,9</b>
	2	255,3	197,7	142,5	24,4	<b>48,9</b>
	3	323,8	241,3	164,4	26,5	<b>51,9</b>



продовження таблиці

Метаризин БТ, р. (4,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	181,1	166,3	159,8	11,6	<b>26,0</b>
	2	254,3	232,4	193,5	10,8	<b>30,3</b>
	3	324,5	286,7	244,8	12,9	<b>28,5</b>
Боверин БТ, р. (10,0 дм <sup>3</sup> /га) + Метаризин БТ, р. (3,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	180,2	152,5	106,6	18,5	<b>50,4</b>
	2	255,4	209,6	130,7	19,9	<b>53,1</b>
	3	323,1	251,3	146,3	23,3	<b>57,1</b>
Бітоксимацілін БТ, р. (3,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	180,5	153,3	123,5	18,2	<b>42,6</b>
	2	254,5	202,4	152,2	22,4	<b>45,2</b>
	3	323,8	241,8	159,7	26,3	<b>53,3</b>
Бітоксимацілін БТ, р. (4,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	180,9	148,6	118,7	20,9	<b>45,0</b>
	2	255,7	198,8	147,2	24,1	<b>47,3</b>
	3	322,9	239,8	151,9	26,8	<b>55,4</b>
Бітоксимацілін БТ, р. (5,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	181,3	145,4	112,3	22,8	<b>48,1</b>
	2	254,2	197,4	138,6	24,2	<b>50,1</b>
	3	323,3	239,2	147,2	27,0	<b>56,9</b>
Біоспектр БТ, р. (3,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	180,4	149,1	116,0	20,4	<b>46,1</b>
	2	253,9	196,6	131,4	24,4	<b>52,6</b>
	3	323,8	255,5	164,2	22,2	<b>51,9</b>
Біоспектр БТ, р. (6,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	181,8	148,7	110,6	21,2	<b>49,0</b>
	2	255,1	195,7	128,1	25,1	<b>54,0</b>
	3	323,4	252,2	158,9	23,1	<b>53,4</b>
Біоспектр БТ, р. (10,0 дм <sup>3</sup> /га)	1	181,2	146,6	107,2	22,1	<b>50,4</b>
	2	254,6	194,2	119,1	25,6	<b>57,1</b>
	3	324,5	251,1	151,9	23,7	<b>55,6</b>
<b>НІР<sub>05</sub></b>		3,42	4,56	4,32		

\*Обробки проводилися у такі фенофази: 1 – «рожевий бутон», 2 – «формування плодів», 3 – «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха)

Урожайність за застосування Актофіту БТ, к.е. у даній концентрації становила 11,6 т/га. Застосування препарату Актофіт БТ, к.е. у нормі 3,0 л/га дозволило зменшити поширення звичайного павутинного кліща на 20,9%, 21,4% та 21,7% через 2 доби після обприскування, а ефективність біопрепарату через 7 діб складала 40,7%, 49,4% та 43,9%, за урожайності 11,7 т/га.

За застосування препарату Актофіт БТ, к.е. у нормі 4,0 дм<sup>3</sup>/га через 2 доби після обробки рівень поширення звичайного павутинного кліща зменшився на 23,4%, 24,0% та 24,4%, а через 7 діб – на 43,1%, 50,1% та 47,1%. При цьому урожайність яблуні складала 11,8 т/га.

Застосування препарату 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 дм<sup>3</sup>/га у фенофазу «рожевий бутон» дозволило отримати ефективність через дві доби після обробки на рівні 22,2%, а через 7 діб – 43,9%. Початкова ефективність обприскування у фенофазу «формування плодів» становила 24,4%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб – 48,9%. Ефективність обприскування у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) через 2 доби становила 26,5%, а через 7 діб – 51,9%. Урожайність за застосування даного препарату становила 12,3 т/га.

Препарат 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 дм<sup>3</sup>/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 11,6%, а через 7 діб – 26,0%. Початкова ефективність наступних обприскувань становила 10,8% та 12,9%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб – 30,3% та 28,5%. Урожайність яблуні становила 11,6 т/га.

Також проведено обприскування сумішшю 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 дм<sup>3</sup>/га та Метаризин БТ (гриби роду *Metarhizium*, титр життєздатних клітин не нижче 2,0x10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>), р. у нормі 3,0 дм<sup>3</sup>/га у фенофази: «рожевий бутон», «формування плодів», «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха). В результаті досліджень виявлено, що суміш даних препаратів у нижчих концентраціях показала синергетичний ефект, адже ефективність проведених заходів була вищою, ніж при застосуванні досліджуваних препаратів окремо. У фенофазах «рожевий бутон» та «формування плодів» застосування суміші даних препаратів через дві доби після обробки дозволило зменшити на 18,5% та 19,9% рівень поширення фітофага, а через 7 діб – на 50,4% та 53,1%.

Ефективність обприскування, проведеного у період росту плодів через дві доби становила 23,3%, а через 7 діб – 57,1%. Урожайність за застосування суміші досліджуваних препаратів становила 11,9 т/га.

Застосування препарату Бітоксубацилін 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 дм<sup>3</sup>/га у фенофазу «рожевий бутон» та «формування плодів» дозволило зменшити рівень поширення звичайного павутинного кліща через дві доби після обробки на 18,2% та 22,4%, а через 7 діб – на 42,6% та 45,2%. Ефективність обприскування у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) через 2 доби становила 26,3%, а через 7 діб – 53,3%. Урожайність за застосування цього препарату становила 11,8 т/га. Початкова ефективність препарату Бітоксубацилін БТ, р. у нормі 4,0 дм<sup>3</sup>/га становила 20,9%, 24,1% та 26,8%, а ефективність біопрепарату через 7 діб – 45,0%, 47,3% та 55,4%, за урожайності 11,9 т/га. Застосування препарату Бітоксубацилін БТ, р. у нормі 5,0 дм<sup>3</sup>/га у фенофазу «рожевий бутон» та «формування плодів» дало змогу знизити чисельність шкідника через дві доби після обробки на 22,8% та 24,2%, а через 7 діб – на 48,1% та 50,1%. Найвищу ефективність отримали при обприскуванні у період росту плодів: через дві доби – 27,0%, а через 7 діб – 56,9%. При цьому урожайність яблуні складала 12,0 т/га.

За 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 дм<sup>3</sup>/га у фенофазу «рожевий бутон» проти звичайного павутинного кліща отримали ефективність через дві доби після обробки на рівні 20,4%, а через 7 діб – 46,1%. Початкова ефективність обприскування у фенофазу «формування плодів» становила 24,4%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб – 52,6%. Застосування препарату у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) дозволило зменшити поширення звичайного павутинного кліща через 2 доби після обприскування на 22,2%, а через 7 діб – на 51,9%. Урожайність яблуні становила 11,9 т/га. Початкова ефективність препарату Біоспектр БТ, р. у нормі 6,0 л/га становила 21,2%, 25,1% та 23,1%, а ефективність біопрепарату через 7 діб – 49,0%, 54,0% та 53,4%, за урожайності 12,0 т/га. При застосуванні Біоспектру БТ, р. у нормі

10,0 дм<sup>3</sup>/га у фенофазу «рожевий бутон» ефективність препарату через дві доби становила 22,1%, а через 7 діб – 50,4%. Застосування препарату у фенофазу «ріст плодів» через 2 доби після його внесення дало змогу знизити чисельність фітофага на 23,7%, а через 7 діб – на 55,6%. Початкова ефективність обприскування у фенофазу «формування плодів» становила 25,6%, а ефективність біологічного препарату через 7 діб – 57,1%, що є найвищим серед досліджуваних біопрепаратів. Урожайність становила 12,3 т/га.

В якості еталону використовувався інсектицид Каліпсо 480 SC (тіаклоприд), КС у нормі 0,3 дм<sup>3</sup>/га, який є низькотоксичним та діє на нервову систему комахи, викликаючи параліч і потім загибель. Ефективність його дії проти звичайного павутинного кліща через 2 доби після обробки становила 62,9%, 66,5% та 70,8%. Застосування даного препарату дозволило знизити рівень поширення шкідника через 7 діб на 87,2%, 88,0% та 89,6%, за урожайності яблуні 12,4 т/га.

Враховуючи, що найвищу ефективність дії проти звичайного павутинного кліща отримали при застосуванні препарату Біоспектр БТ, р. у нормі 10,0 дм<sup>3</sup>/га, суміші препаратів Боверин БТ, р. у нормі 10,0 дм<sup>3</sup>/га та Метаризин БТ, р. у нормі 3,0 дм<sup>3</sup>/га, то саме ці препарати рекомендовано застосовувати у системах захисту яблуні проти шкідників в умовах Західного Лісостепу України: у фенофазу «рожевий бутон» та у фенофазу «формування плодів» Біоспектр БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га), а у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) – суміш препаратів Боверин БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) та Метаризин БТ, р. (3,0 дм<sup>3</sup>/га).

**Висновки.** Встановлено, що досліджувані біологічні препарати показали ефективність дії проти звичайного павутинного кліща в межах 26,0–57,1%. Зокрема найвищу ефективність у фенофазу «рожевий бутон» отримали при застосуванні препарату Біоспектр БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га), а також суміші препаратів Боверин БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) та Метаризин БТ, р. (3,0 дм<sup>3</sup>/га) – 50,4%, найефективнішим у фенофазу «формування плодів» виявився препарат Біоспектр БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) – 57,1%, а у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) найефективнішою була дія суміші препаратів Боверин БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) та Метаризин БТ, р. (3,0 дм<sup>3</sup>/га) – 57,1%. Застосування суміші Боверину БТ, р. (10,0 дм<sup>3</sup>/га) та Метаризину БТ, р. (3,0 дм<sup>3</sup>/га) дозволило отримати ефективність на 4–29% вищу, ніж при застосуванні цих препаратів окремо. Найнижчу ефективність

отримали при застосуванні препарату Метаризин БТ, р. у нормі 4,0 дм<sup>3</sup>/га – 26,0–30,3%. Урожайність яблуневих насаджень при дослідженні біологічних препаратів становила 11,6–12,3 т/га.

**1.** Довідник із захисту рослин / за ред. М. П. Лісового. Київ: Урожай, 1999. 744 с. **2.** Шевчук І. В., Гриник І. В., Каленич Ф. С. Агроєкологічні системи інтегрованого захисту плодових і ягідних культур від шкідників і хвороб : рекомендації. Київ : ПП Санспарель, 2021. 188 с. **3.** Борзих О. І., Черній А. М., Гродський В. А. та ін. Захист яблуні від шкідливих комах, кліщів та хвороб (Південний і Південно-Східний Степ) : рекомендації. Київ : Колобіг, 2014. 44 с. **4.** Бровдій В. М., Гулий В. В., Федоренко В. П. Біологічний захист рослин : навч. посіб. К. : Світ, 2003. 352 с. **5.** Дядечко М. П. Біологічний захист рослин. Біла Церква, 2001. 312 с. **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.** 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>. **8.** Федоренко В. П., Мостов'як С. М., Мостов'як І. І. Екологічно безпечні методи контролю численності шкідників у сучасних агротехнологіях. *Агроєкологічний журнал*. 2021. № 4. С. 64–74. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252957>. **9.** Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ, 2001. 448 с. **10.** Чабанюк Я. В., Шерстобоева О. В., Ткач Є. Д. та ін. Визначення біологічної ефективності пестицидів і агрохімікатів : методичні вказівки. Київ, 2013. 36 с. **11.** Кулешов А. В., Білик М. О., Довгань С. В. Фітосанітарний моніторинг і прогноз : навч. посіб. Харків : Еспада, 2011. 608 с. **12.** Valli V., Stahl F., Feit E. *Field Experiments*. 2017. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8_3-1).

## REFERENCES:

**1.** Dovidnyk iz zakhystu roslyn / za red. M. P. Lisovoho. Kyiv: Urozhai, 1999. 744 s. **2.** Shevchuk I. V., Hrynyk I. V., Kalenych F. S. Ahroekolohichni systemy intehrovanoho zakhystu plodovykh i yahidnykh kultur vid shkidnykiv i khvorob : rekomendatsii. Kyiv : PP Sansparel, 2021. 188 s. **3.** Borzykh O. I., Chernii A. M., Hrodskyy V. A. ta in. Zakhyst yabluni vid shkidlyvykh komakh, klishchiv ta khvorob (Pivdennyi i Pivdenno-Skhidnyi Step) : rekomendatsii. Kyiv : Kolobih, 2014. 44 s. **4.** Brovdii V. M., Hulyi V. V., Fedorenko V. P. Biolohichni zakhyst roslyn : navch. posib. K. : Svit, 2003. 352 s. **5.** Diadechko M. P. Biolohichni

zakhyst roslyn. Bila Tserkva, 2001. 312 s. **6.** Hunchak M. V., Havryliuk L. L., Skoreiko A. M. Biolohichniy metod zakhystu yabluni vid shkidlyvykh orhanizmv. Chernivtsi : FOP Varvus V.V., 2018. 18 s. **7.** Borzykh O. I. ta in. Ekotoksykologichniy 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>. **8.** Fedorenko V. P., Mostoviyak S. M., Mostoviyak I. I. Ekolohichno bezpechni metody kontroliu chyslennosti shkidnykiv u suchasnykh ahrotekhnolohiiakh. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2021. № 4. S. 64–74. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252957>. **9.** Metodyky vyprobuvannya i zastosuvannya pestytsydiv / za red. prof. S. O. Trybelia. Kyiv, 2001. 448 s. **10.** Chabaniuk Ya. V., Sherstoboieva O. V., Tkach Ye. D. ta in. Vyznachennia biolohichnoi efektyvnosti pestytsydiv i ahrokhimikativ : metodychni vkazivky. Kyiv, 2013. 36 s. **11.** Kulieshov A. V., Bilyk M. O., Dovhan S. V. Fitosanitarnyi monitorynh i prohnoz : navch. posib. Kharkiv : Espada, 2011. 608 s. **12.** Valli V., Stahl F., Feit E. Field Experiments. 2017. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8\\_3-1](https://doi.org/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), **Likho O. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **EFFICIENCY OF APPLICATION OF THE BIOLOGICAL METHOD OF APPLE TREES PROTECTION AGAINST THE COMMON SPIDER MITE IN THE WESTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE**

**The technical effectiveness of the use of biological preparations for the protection of apple trees from the common spider mite 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 the common spider mite in the range of 26.0–57.1%. The highest efficiency in the "pink bud" phenophase was obtained with the use of the preparation Biospectr BT, r. (10.0 dm<sup>3</sup>/ha), as well as a mixture of the preparations Boveryn BT, r. (10.0 dm<sup>3</sup>/ha) and Metarizin BT, r. (3.0 dm<sup>3</sup>/ha) – 50.4%, the most effective in the "fruit formation" phenophase was the preparation Biospectr BT, r. (10.0 dm<sup>3</sup>/ha) – 57.1%, and in the "fruit growth" phenophase (fruit the size of a walnut) the most effective was the effect of the mixture of preparations Boverin BT, r. (10.0 dm<sup>3</sup>/ha) and Metarizin BT, r. (3.0 dm<sup>3</sup>/ha) – 57.1%. 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 dm<sup>3</sup>/ha was 40.1–43.0%, in the norm of 3.0 dm<sup>3</sup>/ha – 40.7–49.4%, and in the norm of 4.0 dm<sup>3</sup>/ha – 43.1–50.1%. The yield of apple fruits using this preparation was 11.6–11.8 t/ha. The effectiveness of the preparation Boverin BT, r. at the rate of 20.0 dm<sup>3</sup>/ha was 43.9–51.9%, with a yield of 12.3 t/ha. The effectiveness of the preparation Metarizin BT, r. at the rate of 4.0 dm<sup>3</sup>/ha was in the range of 26.0–30.3%, and the productivity of the apple tree was at the level of 11.6 t/ha, which was the lowest among the studied biological preparations. The use of a mixture of Boverin BT, r. (10.0 dm<sup>3</sup>/ha) and Metarizin BT, r. (3.0 dm<sup>3</sup>/ha) was effective, which made it possible to obtain an efficiency within the range of 50.4–57.1%, which by 4–29% higher than when using these preparations separately. The yield when using the mixture of the studied preparations was 11.9 t/ha. The effectiveness of the preparation Bitoxibacillin BT, r. at the rate of 3.0 dm<sup>3</sup>/ha was 42.6–53.3%, at the rate of 4.0 dm<sup>3</sup>/ha – 45.0–55.4%, and at the rate of 5.0 dm<sup>3</sup>/ha – 48.1–56.9%, with a yield of 11.8–12.0 t/ha. The effectiveness of the preparation Biospectr BT, r. at the rate of 3.0 dm<sup>3</sup>/ha was 46.1–52.6%, at the rate of 6.0 dm<sup>3</sup>/ha – 49.0–54.0%, and at the rate of 10.0 dm<sup>3</sup> /ha – 50.4–57.1%. The yield of apple orchards during the study of biological preparations was 11.9–12.3 t/ha.

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

**Кирилюк В. П., к.с.-г.н., доцент, Максютів А. О., к.пед.н., доцент** (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, hidrotechnik@ukr.net, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua), **Ковальчук Н. С., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Півне, n.s.kovalchuk@nuwm.edu.ua)

## **ВПЛИВ ЗРОШЕННЯ НА РІСТ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

**Для виробництва високоякісного зерна пшениці озимої умови Правобережного Лісостепу України є найсприятливішими. Однак через недостатнє і нестійке зволоження отримання стійких урожаїв пшениці озимої можливе тільки за рахунок зрошення.**

**У статті досліджено вплив різних режимів зрошення на ріст, розвиток та продуктивність пшениці озимої.**

**Оскільки основним джерелом вологозабезпечення вегетаційного періоду пшениці озимої є опади, то був проведений аналіз метеоумов за 2020–2022 роки.**

**Встановлено, що вегетаційні періоди в роки досліджень дуже відрізняються за кількістю опадів, їх розподіленням в часі, температурним режимом. В окремі місяці, декади чи дні, виникала ґрунтова і атмосферна посухи.**

**Доведено, що напруженість метеорологічних факторів є однією з причин, що негативно впливає на ріст, розвиток і продуктивність пшениці озимої. Тому для захисту рослин від згубного впливу високих температур повітря, ґрунтових і повітряних посух необхідно застосовувати технології зрошення.**

**Встановлено, що поливи покращують виживаність рослин, загальну і продуктивну куцистість, збільшують масу зерен у колосі, натуру зерна, вирівняність і схожість насіння.**

**Поєднання вологозарядкового поливу з вегетаційними дає змогу отримати врожаї озимої пшениці на рівні 5,01 т/га. Заміна вологозарядкового поливу післяпосівним забезпечує врожай 4,97 т/га, економлячи 23% поливної води.**

**Ключові слова:** пшениця озима; режим зрошення; зрошувальна норма; вегетаційні поливи; продуктивність рослин;



## **елементи структури продуктивності; показники якості зерна; технології виробництва; світове господарство.**

**Постановка проблеми.** Сьогодні одним найважливішим завдань, що стоїть перед сільським господарством, є збільшення врожайності та поліпшення якості зерна пшениці озимої як провідної культури в зерновому балансі країни, на основі адаптивних систем землеробства в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [1, С. 180].

Штучне зволоження ґрунту шляхом зрошення в екстремальних умовах суходільного землеробства визнане одним з основних напрямів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

Оптимальна взаємодія зрошення, хімізації і комплексної механізації сприяє інтенсивному використанню рослинами тепла, світла, поживних речовин ґрунту, ґрунтової вологи, що в кінцевому підсумку підвищує родючість ґрунту і забезпечує високопродуктивне використання поливних земель.

Поліпшуючи умови ґрунтової родючості, зрошення позитивно впливає на ріст, розвиток рослин і їх урожайність. Завдяки різнобічній активізації дії зрошення на поливних землях одержують урожайність у 3–4, а в посушливі роки і в 5–10 разів вищу, ніж без поливу.

Найкращі результати штучне зволоження ґрунту дає в районах з недостатньою і нестійкою природною вологозабезпеченістю.

До складу цих регіонів входить і Новомиргородська територіальна громада Новоукраїнського району Кіровоградської області.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Пшениця озима цінна продовольча культура. Зрошення створює оптимальні умови для її росту й розвитку, підвищує її зимостійкість, що забезпечує добру перезимівлю рослин. Багато господарств, які освоїли інтенсивні технології вирощування пшениці озимої, одержують на поливних землях стійкі врожаї – 60–80 ц/га зерна високої якості, за мінімальних витрат ресурсів і коштів [2, С. 7].

Відомо, що між урожаєм, вегетативною масою і висотою рослин існує пряма залежність, оскільки стебла і листки є органами транспортування мінеральних та органічних речовин [3, С. 941].

В дослідженнях проведених впродовж 2020–2022 рр. на дослідному полі Миколаївського національного аграрного

університету [4, С. 57] встановлено, що застосування зрошення забезпечило зростання урожайності зерна пшениці озимої на 23,7%.

В польових дослідженнях, проведених в Інституті зрошуваного землеробства НААН у 2020–2022 рр. [5], відмічається, що найбільш відчутне збільшення урожайності зафіксоване у пшениці озимої – у 5,65 разів і підвищилось з 6,00 до 33,9 ц/га, а на зрошуваних землях – до 52,1 ц/га, що перевищує показники позаминулого століття у 8,7 разів. Щорічне підвищення урожайності становило 0,34 ц/га і це відбувалось завдяки використанню нових сортів та удосконаленню технологій вирощування.

Як відмічають Гамаюнова В. В., Карпенко М. Д., Хоненко Л. Г. та ін. [6, С. 30–32], режим зрошення пшениці озимої залежить від зональних і локальних умов і складається з вологозарядкового, передпосівного, післяпосівного, вегетаційних та освіжаючих поливів. Вологозарядкові поливи можна розпочинати за декілька тижнів до сівби поливною нормою 800–1200 м<sup>3</sup>/га. Вегетаційні поливи пшениці озимої проводяться з урахуванням погодних та гідрологічних умов, кількості опадів і характеру їх розподілу, потреби рослин у воді в різні періоди вегетації. Здебільшого у вологий рік достатньо провести один вегетаційний полив, у середньо-посушливий 2–3 і в посушливий рік 4–5 поливів з поливною нормою 400–500 м<sup>3</sup>/га. За дефіциту водних та матеріально-технічних ресурсів на посівах пшениці озимої з добрим або задовільним станом рослин весною економічно вигідно проводити один вегетаційний полив нормою 400–500 м<sup>3</sup>/га. Кращим строком застосування вегетаційного поливу є період від виходу рослин в трубку до колосіння.

Дослідженнями М. І. Ромащенко, О. І. Жовтоног, Л. А. Філіпенко [7, С. 57], встановлено, що вегетаційні поливи треба проводити з таким розрахунком, щоб вологість ґрунту у фазах виходу в трубку, колосіння і наливання зерна в активному шарі була не нижча 60% НВ на легких, 70% – на середніх і 80% НВ – на важких ґрунтах.

Як відмічають в своїх дослідженнях М. П. Малярчук, О. Є. Маяковська [8, С. 66], вегетаційні поливи пшениці озимої слід проводити з урахуванням погодних і гідрологічних умов, кількості опадів і характеру їх розподілу, потреби рослин у воді в різні періоди вегетації. Максимальна витрата рослинами ґрунтової вологи спостерігається в період від виходу рослин у трубку до молочної стиглості зерна.

Своєчасні якісні поливи підвищують урожай пшениці озимої на 30–40%. Із способів поливу пшениці озимої найбільше поширені дощування, полив по смугах і засіяних борознах.

Виходячи з біологічних особливостей культури і доцільності із організаційно-господарського погляду, дощування є найбільш прийнятним способом поливу.

**Мета і завдання досліджень.** Дослідження впливу зрошення на ріст, розвиток і продуктивність пшениці озимої сорту Миронівська 68.

Визначити вплив різних режимів зрошення на ріст, розвиток та продуктивність пшениці озимої.

З'ясувати вплив метеорологічних факторів на ріст, розвиток і продуктивність пшениці озимої.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Дослідження проводились на землях Новомиргородської зрошувальної системи Новомиргородського міжрайонного управління водного господарства, що перебувають в користуванні СТОВ «Агролан».

Ґрунти дослідної ділянки – чорноземи потужні багатогумусні суглинкові.

Господарство знаходиться у центральній частині Лісостепу. Клімат регіону помірно-континентальний. За даними агрокліматичного районування Кіровоградської області територія землекористування належить до північного агрокліматичного району (помірно теплого) із сумою позитивних температур вище  $+10^{\circ}\text{C}$  – 2900°. Тривалість безморозного періоду 180 діб. Середній із абсолютних мінімумів температури повітря мінус  $20^{\circ}\text{C}$ . Середня температура січня –  $-6.8^{\circ}\text{C}$ , липня –  $+20,1^{\circ}\text{C}$ .

Погодні умови 2020 року досліджень у цілому відповідали кліматові регіону, але мали особливості розподілу метеорологічних параметрів у часі.

У другій половині 2020 року спостерігалися деякі відхилення факторів зовнішнього середовища, які б впливали на продуктивність і майбутню врожайність озимої пшениці.

Значний недобір опадів (48% менше середнього багаторічного) спостерігався в серпні. У грудні дощів випало менше за середні та багаторічні значення, протягом вересня і листопада – більше, а за жовтень їх було у межах норми.

Спостерігалася позитивна аномалія температури повітря протягом вересня та першої декади жовтня на  $0,5\text{--}1,5^{\circ}\text{C}$  вище

середніх та багаторічних значень. Абсолютний максимум температури повітря – 33–35° С спостерігався протягом другої і третьої декад серпня. Відносна вологість повітря варіювала відповідно до змін температури повітря і розподілу опадів у часі. При середніх значеннях за рік 72%, у зазначений період відносна вологість повітря коливалась від 60 до 81%.

Погодні умови другої половини 2020 року сприяли формуванню дружних сходів, сильних рослин пшениці озимої і їх гарній перезимівлі.

За 2021 рік дощів випало на 19% менше за середні та багаторічні значення, що дозволяє за забезпеченістю опадами віднести його до середньопосушливого. Однак розподілялись у часі вони нерівномірно. Нестача опадів спостерігалась у січні, лютому, квітні, червні, липні, серпні. Особливо сухими видались лютий та жовтень, листопад та грудень. У жовтні і грудні опадів випало відповідно у 6,3 і 8,7 разів менше за середньобагаторічні значення. Дощовими були березень і вересень. Найбільше опадів випало протягом травня – у 1,9 разів більше за середні та багаторічні значення

За забезпеченістю опадами 2021 рік видався більш посушливим, оскільки їх випало на 24% менше за середні та багаторічні значення. Весною значна нестача опадів відмічена в квітні (на 18% менше за середньобагаторічну величину). Посушливим було і літо, особливо серпень. Восени, за виключенням вересня, кількість опадів була менше середньобагаторічної величини.

Зима 2021–2022 рр. була м'якою з частими опадами та стійким заляганням снігового покриву. При цьому початок грудня, друга половина січня та перша половина лютого відзначились дуже високою температурою відносно норми (на 5–7° вище), що в окремі періоди зумовлювало поновлення ростових процесів рослин озимих культур. А на початку січня навпаки переважали сильні морози (-21–27°), яким передувало покриття полів сніговим покривом висотою 12–13 см. Перезимівля озимих культур не мала негативних наслідків.

Весна 2022 р. характеризувалась неактивним наростанням тепла та нерівномірним розподілом опадів у часі. Початок та кінець періоду видались дощовими. На рідкість сухим та сонячним був квітень і лише завдяки доброму весняному

промочуванню ґрунту до глибини 1,5 м, зберігався достаток вологи в глибоких шарах горизонту. Дощі травня (55,3 мм) компенсували дефіцит вологи верхніх шарів ґрунту.

Літо відзначилось дуже теплим червнем, надмірно дощовим липнем (122,6 мм) та прохолодним сухим серпнем. Завдяки нетривалим періодам спекотної погоди та достатку вологи в ґрунті в цей час, погіршення стану посівів не відчувалося. Внаслідок засушливих умов серпня погіршились умови вегетації пізніх, створювались несприятливі умови для підготовки ґрунту та сівби озимини в оптимальні строки.

Осінь 2020 року відзначилась посушливими умовами до 10 жовтня та частими дощами до кінця місяця. У цей же час переважав підвищений температурний фон.

Зима 2020–2021 рр. була холодною з частими опадами.

У 2022 р. весна була характеризована повільним наростанням тепла та нерівномірним розподілом опадів у часі. Березень та травень видались дощовими (опадів відповідно випало на 183,9 мм і 22,1 мм вище норми). Більш посушливим був квітень (опадів випало на 20,5 мм менше норми).

Літо було дуже теплим і посушливим. Температура повітря в червні, липні і серпні значно перевищувала норму (відповідно на 3,1°, 5,2° і 4,1°). Опадів також в червні, липні і серпні випало значно менше норми (відповідно на 53,4, 41,7 і 39,8 мм), що негативно вплинуло на ріст, розвиток і продуктивність пшениці озимої.

Таким чином, вегетаційні періоди в роки досліджень дуже відрізняються за кількістю опадів, їх розподіленням в часі, температурним режимом. В окремі місяці, декади чи дні, виникала ґрунтова і атмосферна посухи.

Напруженість метеорологічних факторів є однією з причин, що негативно впливає на ріст, розвиток і продуктивність пшениці озимої. Тому для захисту рослин від згубного впливу високих температур повітря, ґрунтових і повітряних посух необхідно застосовувати зрошення.

Дослід з вивчення впливу зрошення на ріст і продуктивність озимої пшениці був закладений за такою схемою:

1. без поливу – контроль;
2. післяпосівний полив+вегетаційні поливи;
3. вологозарядковий полив+вегетаційні поливи.

Повторність досліду – трикратна. Площа дослідної ділянки – 1458 м<sup>2</sup>, облікової – 40 м<sup>2</sup> [9]. Зрошення проводилося дощувальною машиною ДФ-120 «Дніпро».

За передполивний поріг вологості ґрунту вважали 80% НВ. Розрахунковий шар зволоження при вологозарядковому поливі 1,0 м, а вегетаційному – 0,7 м [9]. Поливна норма вологозарядкового поливу становить 800 м<sup>3</sup>/га, а вегетаційного – 500 м<sup>3</sup>/га.

Поливи проводили, коли вологість розрахункового шару ґрунту знижувалась до межі, передбаченої схемою досліду.

Спостереження за розвитком і формуванням продуктивності пшениці озимої проводили за загальноприйнятими методиками [10].

У досліді обліковували:

- кількість рослин після сходів і перед збиранням врожаю;
- загальну кількість стебел і стебел з колосками;
- загальну і продуктивну кущистість;
- врожай із застосуванням прямого комбайнування;
- фізичні показники якості зерна.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу [10].

Режим зрошення пшениці озимої залежав як від забезпечення вегетаційного періоду опадами, так і від розподілу їх у часі. У серпні 2020 року дощів випало на 53% менше за середньо та багаторічні значення. Тому на варіантах з вологозарядковим і післяпосівним поливом застосовували зрошення. Провели поливи відповідно нормами 800 і 500 м<sup>3</sup>/га.

У січні і лютому 2021 року опадів було обмаль. У квітні їх також випало на 18% менше за середньобагаторічні величини. Погодні умови, які склались на початку вегетації, на варіантах із вегетаційними поливами змусили застосувати додаткове штучне зволоження. Тут провели поливи нормою 500 м<sup>3</sup>/га. Травень видався дощовим. Кількість опадів за місяць переважала середньобагаторічну величину у 1,9 рази. Тому незважаючи на те, що за червень сума опадів була меншою за середнє багаторічне, у досліді зрошення не застосовували. У цілому за вегетацію найбільше поливної води витратили на варіанті, де заплановано вологозарядковий полив у поєднанні із вегетаційними. За такого поливного режиму зрошувальна норма склала 1300 м<sup>3</sup>/га. На варіанті з поєднанням післяпосівного і вегетаційних поливів вона була

меншою на 23% (1000 м<sup>3</sup>/га).

Внаслідок літньої посухи в 2022 році умови для сівби пшениці озимої в оптимальні строки були несприятливі. Опадів у серпні 2022 року випало на 52,2 % менше за середньобагаторічні значення. Тому на варіантах з вологозарядковим і післяпосівним поливом провели поливи відповідно нормами 800 і 500 м<sup>3</sup>/га.

У березні 2022 р. опадів випало дещо більше середньобагаторічного (43,3 мм) і запаси продуктивної вологи в ґрунті на початок активної вегетації були достатні та оптимальні. Упродовж квітня склалися малосприятливі агрометеорологічні умови для вегетації пшениці озимої, як за температурними показниками, так і внаслідок аномально тривалого бездошового періоду та суховійних явищ. Внаслідок тривалої відсутності опадів (упродовж 35 днів), низької відносної вологості повітря та посилення вітру відбувалася непродуктивна витрата вологи до глибини 50 см. Тому на варіантах із вегетаційними поливами застосувати додаткове штучне зволоження поливною нормою 500 м<sup>3</sup>/га.

В травні агрометумови вегетації покращились: пройшли дощі кількістю 55,3 мм, припинились засушливі явища. Агрометеорологічні умови для формування зерна у червні утримувались цілком задовільні. Тому незважаючи на те, що за червень опадів випало менше за середнє багаторічне значення, у досліді зрошення не застосовували.

Зрошувальна норма на варіанті вологозарядковий+вегетаційні поливи склала 1300 м<sup>3</sup>/га, а на варіанті післяпосівний+вегетаційні поливи – 1000 м<sup>3</sup>/га.

У серпні 2021 року дощів випало на 53% менше за середньобагаторічні значення. Тому на варіантах з вологозарядковим і післяпосівним поливом застосовували зрошення. Провели поливи відповідно нормами 800 і 500 м<sup>3</sup>/га.

Значні опади (на 183,9 мм більше ніж середнє багаторічне), що випали в березні 2022 р., підвищили запаси вологи в ґрунті до НВ. У квітні опадів випало на 51,2% менше за середньобагаторічні величини. Травень видався дошовим. Кількість опадів за місяць переважала середньобагаторічну величину у 1,4 рази. Упродовж червня склалися малосприятливі агрометеорологічні умови для вегетації пшениці озимої і на варіантах із вегетаційними поливами застосувати додаткове штучне зволоження. Провели по два поливи

нормою 500 м<sup>3</sup>/га. Зрошувальна норма на варіанті післяпосівний+вегетаційні поливи склала 1500 м<sup>3</sup>/га, а на варіанті вологозарядковий+вегетаційні поливи – 1800 м<sup>3</sup>/га.

Режим зрошення у досліді створював різні умови для росту і розвитку пшениці озимої. Погодні умови конкретного року досліджень також мали великий вплив на зазначені показники. Кількість рослин на контролі восени 2020 року після сходів становила 362 шт./м<sup>2</sup>, а виживаність – 72,3% (табл. 1). Поєднання вологозарядкового поливу з вегетаційним збільшувало кількість рослин пшениці озимої до 386 шт./м<sup>2</sup>, а виживаність – до 77,1%. Сумісне застосування післяпосівного поливу разом із вегетаційним не призвело до збільшення кількості рослин на одиницю площі. За таких умов зазначені показники після сходів становили відповідно 385 шт./м<sup>2</sup> і 77,0%.

Умови зимівлі, весни і літа 2021 року, хвороби значно зменшили кількість рослин перед збиранням врожаю. У цей період на контролі була 161 рослина на м<sup>2</sup>, що складає 32,2% від кількості висіяного насіння. Сумісне застосування вологозарядкового і вегетаційних поливів сприяло підвищенню виживаності пшениці озимої. Кількість рослин на згаданому варіанті була 190 шт./м<sup>2</sup>, що складало 38,0% від кількості висіяного насіння. Післяпосівний полив разом із вегетаційним не покращував виживаності пшениці озимої.

Таблиця 1

Вплив режимів зрошення на виживаність рослин пшениці озимої сорту Миронівська 68

Варіант	Кількість рослин			
	Після сходів		перед збиранням	
	шт./м <sup>2</sup>	%	шт./м <sup>2</sup>	%
2020 р.				
Без поливу – контроль	362	72,3	161	32,2
Післяпосівний+вегетаційні поливи	385	77,0	189	37,8
Вологозарядковий+вегетаційні поливи	386	77,1	199	38,0
2021 р.				
Без поливу – контроль	361	72,1	159	31,4
Післяпосівний+вегетаційні поливи	388	77,2	202	38,2
Вологозарядковий+вегетаційні поливи	383	77	190	37,8
Без поливу – контроль	365	73,1	164	32,9



продовження табл. 1

2022 р.				
Післяпосівний+вегетаційні поливи	382	76,4	194	38,2
Вологозарядковий+вегетаційні поливи	388	77,2	191	38

Режими зрошення у досліді впливали і на формування продуктивності пшениці озимої (табл. 2). Загальна кількість стебел на контролі у 2020 році становила 704 шт./м<sup>2</sup>.

Застосування поливів збільшувало загальну кількість стебел. Поєднання одного з видів осіннього поливу з вегетаційними збільшувало загальну кількість стебел, у порівнянні з контролем, у два рази. Відповідно збільшувалась і загальна кущистість пшениці озимої (з 5,0 до 7,9). Кількість колосоносних стебел на контролі становила 227 шт./м<sup>2</sup>. Зрошення залежно від варіанта досліді збільшувало їх до 423–437 шт./м<sup>2</sup>. Продуктивна кущистість пшениці озимої без застосування поливу була досить низькою – 1,6. Поєднання вологозарядкового чи післяпосівного поливу із вегетаційними зумовлювало найвищу кущистість – відповідно 2,3 і 2,4. Маса зерен одного колосу цього року була значно меншою – 0,83 г. Максимальний вплив на масу зерен одного колоса здійснило поєднання вологозарядкового поливу з вегетаційними.

Таблиця 2

Вплив режимів зрошення на елементи структури продуктивності пшениці озимої сорту Миронівська 68

Показник	Варіант		
	Без поливу – контроль	Післяпосівний+ вегетаційні поливи	Вологозарядковий+ вегетаційні поливи
2020 рік			
Загальна кількість стебел на 1 м <sup>2</sup>	704	1442	1442
Загальна кущистість	5,0	7,9	7,8
Кількість колосоносних стебел на 1 м <sup>2</sup>	227	437	423
Продуктивна кущистість	1,6	2,4	2,3

продовження табл. 2

Маса зерен 1 колоса, г	0,83	1,14	1,18
2021 рік			
Загальна кількість стебел на 1 м <sup>2</sup>	698	1440	1440
Загальна кущистість	4,9	7,7	7,6
Кількість колосоносних стебел на 1 м <sup>2</sup>	221	431	420
Продуктивна кущистість	1,5	2,3	2
Маса зерен 1 колоса, г	0,81	1,15	1,19
2022 рік			
Загальна кількість стебел на 1 м <sup>2</sup>	709	1444	1441
Загальна кущистість	5,1	7,9	7,7
Кількість колосоносних стебел на 1 м <sup>2</sup>	232	438	422
Продуктивна кущистість	1,7	2,4	2,3
Маса зерен 1 колоса, г	0,84	1,13	1,16

Такий агротехнічний захід дав змогу пшениці озимій сформувати колос із масою зерен 1,18 г. Дещо меншою вона була при режимі зрошення післяпосівний полив+вегетаційні поливи.

Умови розвитку і формування продуктивності впливали і на величину врожаю пшениці озимої. За погодних умов, які склалися протягом 2020–2022 рр. пшениця озима без застосування додаткового штучного зволоження сформувала врожай величиною 3,63 т/га (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив режимів зрошення на урожай пшениці озимої Миронівська 68

Варіант	Урожай, т/га	Прибавка врожаю, ± до контролю		НІР <sub>05</sub> , т/га
		т/га	%	
2020 р.				
Без поливу – контроль	3,63	–	–	0,45
Післяпосівний+ вегетаційні поливи	5,80	+2,17	+59,8	
Вологозарядковий+ вегетаційні поливи	6,02	+2,39	+65,8	
2021 р.				
Без поливу – контроль	3,44	-	-	0,32
Післяпосівний+ вегетаційні поливи	5,66	+2,22	+64,5	
Вологозарядковий+ вегетаційні поливи	5,88	+2,44	+70,9	
2022 р.				
Без поливу – контроль	3,19	-	-	0,72
Післяпосівний+ вегетаційні поливи	6,60	+3,41	+106,9	
Вологозарядковий+ вегетаційні поливи	6,64	+3,45	+108,1	
Середнє за 2020–2022 рр.				
Без поливу – контроль	3,42	–	–	0,27
Післяпосівний+ вегетаційні поливи	6,02	+2,60	+76,0	
Вологозарядковий+ вегетаційні поливи	6,18	+2,76	+80,7	

Прибавка врожаю від сумісного застосування вологозарядкового і вегетаційних поливів у порівнянні з контролем сягала 65,8%. Режим зрошення з поєднанням післяпосівного і вегетаційних поливів давав змогу пшениці озимій продукувати врожай зерна на 59,8% (2,17 т/га) більший, ніж за природного забезпечення ґрунтовою вологою.

Варіанти з поливами восени і навесні за врожайністю достовірно переважали контроль. Комбінація поливів вологозарядковий + вегетаційні і післяпосівний + вегетаційні за впливом на урожай відрізнялась недостовірно.

На контролі (без поливу), за погодних умов, які склалися протягом 2021–2022 рр., урожай пшениці озимої становив 3,44 т/га. Найбільшу достовірну прибавку урожаю (2,39 ц/га) отримано на варіанті з поєднанням вологозарядкового і вегетаційних поливів. На варіанті з поєднанням післяпосівного і вегетаційних поливів також отримано достовірну прибавку урожаю (2,44 т/га) в порівнянні з контролем. При порівнянні зрошуваних варіантів між собою необхідно відмітити, що достовірної різниці в прибавці урожаю пшениці озимої не спостерігалось.

За погодних умов, які склалися протягом 2021–2022 рр. пшениця озима без застосування додаткового штучного зволоження сформувала найнижчий за роки досліджень врожай величиною 3,19 т/га. Прибавка урожаю від сумісного застосування вологозарядкового і вегетаційних поливів у порівнянні з контролем сягала 108,1% (3,45 т/га). Режим зрошення з поєднанням післяпосівного і вегетаційних поливів давав змогу пшениці озимій продукувати врожай зерна на 106,9% (3,41 т/га) більший ніж за природного забезпечення ґрунтовою вологою.

В середньому за 2021–2022 рр. прибавка урожаю від зрошення становила на варіанті з поєднанням післяпосівного і вегетаційних поливів – 2,6 т/га, а варіанті з поєднанням вологозарядкового і вегетаційних поливів – 2,76 т/га при  $НІР_{05} = 0,27$  т/га.

Різні умови росту, розвитку і формування продуктивності зумовлювали ефективність використання поливної води пшеницею озимою.

В середньому за роки досліджень витрати зрошувальної води на отримання одиниці додаткової продукції на варіанті де сумісно застосовували поєднання вологозарядкового і вегетаційних поливів становили 425 м<sup>3</sup>/т. Найбільш ефективно пшениця озима поливну воду використовувала при поєднанні післяпосівного поливу з вегетаційними. Витрати поливної води на отримання одиниці додаткової продукції тут були найменшими у досліді – 342 м<sup>3</sup>/т.

Якість зерна пшениці озимої у значній мірі залежить від умов вирощування, у тому числі від забезпечення ґрунтовою вологою.

Маса 1000 насінин на контролі у 2022 році дорівнювала 31,1 г (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив режимів зрошення на фізичні показники якості зерна  
пшениці озимої сорту Миронівська 68

Варіант	Маса 1000 насінин, г	Натура зерна, г/л	Вирівняність насіння, %	Схожість насіння, %
2020 рік				
Без поливу – контроль	31,1	748	77,6	93,5
Післяпосівний+ вегетаційні поливи	42,2	810	80,9	94,9
Вологозарядковий+ вегетаційні поливи	42,6	814	81,2	95,1
2021 рік				
Без поливу – контроль	30,2	742	77,1	93,1
Післяпосівний+ вегетаційні поливи	41,7	801	80	94,2
Вологозарядковий+ вегетаційні поливи	42	813	81	94,9
2022 рік				
Без поливу – контроль	31,7	749	77,9	94,4
Післяпосівний+ вегетаційні поливи	42,8	814	81,1	94,6
Вологозарядковий+ вегетаційні поливи	42,9	816	81,6	94,9

Застосування зрошення значно покращувало цей показник. За сумісного застосування вологозарядкового і вегетаційних поливів зазначений показник був найбільшим – 42,6 г, що перевищувало варіант із природним забезпеченням ґрунтовою вологою на 37%. Поєднання післяпосівного і вегетаційних поливів мало такий же ефект, оскільки збільшило масу 1000 насінин у порівнянні з контролем.

Натура зерна на контролі становила 748 г/л. Найбільший показник натури зерна був при сумісному застосуванні вологозарядкового і вегетаційного поливів (814 г/л), що

перевищувало контроль на 9%. За поєднання післяпосівного і вегетаційних поливів натура зерна була дещо меншою. Важливим показником якості врожаю є вирівняність насіння. За природного забезпечення ґрунтовою вологою вирівняність насіння складала 77,6%. На поливних варіантах досліду вона варіювала від 80,9 до 81,2%.

Схожість насіння також залежала від забезпечення рослин ґрунтовою вологою. На контролі схожість насіння дорівнювала 93,5%. Дещо вищою схожість насіння спостерігалась на варіантах з поєднанням осінніх і весняних поливів (94,9–95,1%).

Із вищенаведеного можна зробити висновки, що зрошення озимої пшениці позитивно впливає на її ріст і розвиток. Поливи покращують виживаність рослин, загальну і продуктивну кущистість, збільшують масу зерен у колосі. Найбільшу врожайність можна отримати при поєднанні вологозарядкового поливу з вегетаційними.

**Висновки.** Отже, нестача ґрунтової вологи у всі фази розвитку є причиною зменшення врожайності і погіршення якості врожаю пшениці озимої. Тому в умовах господарства при вирощуванні озимої пшениці необхідно застосовувати зрошення. Для чорноземів потужних багатогумусних суглинкових оптимальним є підтримання вологості 0–70 см шару ґрунту не нижче 80% НВ.

Поливи покращують виживаність рослин, загальну і продуктивну кущистість, збільшують масу зерен у колосі, натуру зерна, вирівняність і схожість насіння.

Поєднання вологозарядкового поливу з вегетаційними дає змогу отримати врожаї озимої пшениці на рівні 5,01 т/га. Заміна вологозарядкового поливу післяпосівним забезпечує врожай 4,97 т/га, економлячи 23% поливної води.

1. Каленська С. М., Чубко О. П., Федчук В. Ф. Використання земельних угідь на основі впровадження адаптивних технологій вирощування зернових культур. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. (Спецвипуск). Київ, 2005. С. 180–190. 2. Нетіс І. Т. Пшениця озима на півдні України: монографія. Херсон: ОЛДІ- ПЛЮС, 2020. 460 с. 3. Tsvey Ya., Ivanina R., Ivanina V., & Senchuk S. Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grain in relation to nitrogen fertilization. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2021. Vol. 74(1). P. 941–942. 4. Панфілова А. В. Продуктивність пшениці озимої залежно від сортових особливостей та умов зволоження. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 54–59. 5. Лавриненко Ю. О., Вожегова Р. А.,

Базалій Г. Г., Усик Л. О., Жупина А. Ю. Вплив зрошення на продуктивність різних сортотипів озимої пшениці в умовах Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 3 (79). URL: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2019.03.014>. (дата звернення: 21.08.2024). **6.** Гамаюнова В. В. Вирощування пшениці озимої на зрошенні на засадах біологізації : науково-практичні рекомендації. Миколаїв : МНАУ, 2019. 40 с. **7.** Ромащенко М. І., Жовтоног О. І., Філіпенко Л. Обґрунтування екологічно безпечних поливних норм. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 1. С. 53–58. **8.** Малярчук М. П., Маяковська О. Є. Система основного обробітку ґрунту у сівозміні і продуктивність озимої пшениці. *Зрошуване землеробство* : міжв. тем. наук. зб. Херсон : Айлант, 2007. Вип. 48. С. 62–67. **9.** Вознюк С. Т., Гончаров С. М., Ковальов С. В. Основи наукових досліджень: Гідромеліорація : посіб. Київ : Вища школа, 1985. 192 с. **10.** Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник для студентів вищ. навч. закл. Київ : Дія, 2005. 288 с.

## REFERENCES:

**1.** Kalenska S. M., Chubko O. P., Fedchuk V. F. Vykorystannia zemelnykh uhid na osnovi vprovadzhennia adaptyvnykh tekhnolohii vyroshchuvannia zernovykh kultur. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN. (Spetsvyppusk)*. Kyiv, 2005. S. 180–190. **2.** Netis I. T. Pshenytsia ozyma na pivdni Ukrainy : monohrafiia. Kherson : OLDI- PLuS, 2020. 460 s. **3.** Tsvey Ya., Ivanina R., Ivanina V., & Senchuk S. Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grain in relation to nitrogen fertilization. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2021. Vol. 74(1). P. 941–942. **4.** Panfilova A. V. Produktyvnyist pshenytsi ozymoi zalezho vid sortovykh osoblyvostei ta umov zvolozhennia. *Ahrarni innovatsii*. 2022. № 16. S. 54–59. **5.** Lavrynenko Yu. O., Vozhehova R. A., Bazalii H. H., Usyk L. O., Zhupyna A. Yu. Vplyv zroshennia na produktyvnyist riznykh sortotypiv ozymoi pshenytsi v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2019. № 3 (79). URL: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2019.03.014>. (data zvernennia: 21.08.2024). **6.** Hamaiunova V. V. Vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi na zroshenni na zasadakh biolohizatsii : nauково-praktychni rekomendatsii. Mykolaiv : MNAU, 2019. 40 s. **7.** Romashchenko M. I., Zhovtonoh O. I., Fillipenko L. Obgruntuvannia ekolohichno bezpechnykh polyvnykh norm. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 1999. № 1. S. 53–58. **8.** Maliarchuk M. P., Maiakovska O. Ye. Systema osnovnoho obrobittku ґрунту u sivozmini i produktyvnyist ozymoi pshenytsi. *Zroshuvane zemlerobstvo* : mizhv. tem. nauk. zb. Kherson : Ailant, 2007. Vyp. 48. S. 62–67. **9.** Vozniuk S. T., Honcharov S. M., Kovalov S. V. Osnovy naukovykh doslidzhen: Hidromelioratsiia : posib. Kyiv : Vyshcha shkola, 1985.

192 с. **10.** Yeshchenko V. O., Kopytko P. H., Opryshko V. P., Kostohryz P. V. *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* : pidruchnyk dlia studentiv vyshch. navch. zakl. Kyiv : Diia, 2005. 288 s.

---

**Kyryliuk V. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Maksutov A. O., Candidate of Pedagogical Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region), **Kovalchuk N. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

### **EFFECT OF IRRIGATION ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT**

**For the production of high-quality winter wheat, the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine are the most favorable. However, due to insufficient and unstable moisture, obtaining sustainable crops of winter wheat is possible only at the expense of irrigation.**

**The article examines the influence of different irrigation regimes on the growth, development and productivity of winter wheat.**

**Since precipitation is the main source of moisture during the growing season of winter wheat, an analysis of weather conditions for 2020–2022 was conducted.**

**It has been established that the growing seasons in the years of research differ greatly in the amount of precipitation, their distribution in time, and the temperature regime. In some months, decades or days, soil and atmospheric drought occurred.**

**It has been proven that the intensity of meteorological factors is one of the reasons that negatively affects the growth, development and productivity of winter wheat. Therefore, it is necessary to use irrigation technologies to protect plants from the harmful effects of high air temperatures, soil and air droughts.**

**It has been established that irrigation improves plant survival, general and productive bushiness, increases the mass of grains in the ear, the nature of the grain, the alignment and germination of seeds.**

**The combination of moisture-charging irrigation with vegetation irrigation makes it possible to obtain winter wheat yields at the level**



of 5.01 t/ha. Replacing moisture-charge irrigation with post-sowing irrigation provides a yield of 4.97 t/ha, saving 23% of irrigation water.

**Keywords:** winter wheat; irrigation technologies; irrigation regime; irrigation rate; vegetation irrigation; plant productivity; elements of productivity structure; grain quality indicators; world economy.

**Ковальчук С. В., к.с.-г.н., голова циклової комісії** (ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП», м. Рівне, [s.v.kovalchuk@nuwm.edu.ua](mailto:s.v.kovalchuk@nuwm.edu.ua)), **Гриб Й. В., д.б.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, [y.v.hryb@nuwm.edu.ua](mailto:y.v.hryb@nuwm.edu.ua)), **Калько А. Д., д.геогр.н., професор** (ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП», м. Рівне, [edissey@meta.ua](mailto:edissey@meta.ua))

## **РОЛЬ ЗАПЛАВИ РІЧКОВО-ОЗЕРНОЇ МЕРЕЖІ ЯК ОСЕРЕДКУ ЖИТТЯ ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ І ВІДТВОРЕННЯ АБОРИГЕННОЇ ІХТІОФАУНИ**

Річка живе заплавою – ця теза лежить в основі водних екосистем. Наповнені талі води затоплюють заплаву, створюючи оптимальні умови нересту і розвитку живого корму, проходить самоочищення вод. Під час атмосферних опадів заплаву очищає від домішок і зависів поверхневий стік. Однак, через екологічно необґрунтовану господарську діяльність – розорювання лучних заплав, неконтрольоване будівництво, паркування автомобілів, випасання худоби у прибережних смугах водоохоронних зон тощо, функції заплави були знівельовані, в тому числі і спрямлення русел річок при меліоративному та гідротехнічному будівництві. Як наслідок, знищено екосистему «русло-заплава», порушено умови відтворювальної функції та відсічено природні нерестовища аборигенних видів риб. Нині при зниженні рибопродуктивності природної річково-озерної мережі необхідно відтворювати принципи природної аквакультури та нормальне життя річкової мережі.

Заплава річки може мати компенсаційні природні екотони, поліпшені і реабілітаційні. До природних екотонів належать заплави, стариці, староріччя, заплавні луки та болота, нерестові ділянки, притоки першого і другого порядку. До поліпшених екотонів належать заплавні стави, фантомні озера, руслові заплавні рибовідтворювальні ділянки, сполучні протоки у першій надзаплавній ділянці русел до ізольованих озер.

До штучних екотонів відносяться заплавні кар'єри, стави, літні подери. Сумація екотонів річкового русла дає можливість для

створення рибовідтворювальних комплексів. Зокрема, у створі с. Деражне на р. Горинь супутність екотонів: притока з лісового масиву, природні джерела, заплавне озеро, лугова заплава. Затока русла річки створює відтворювальні комплекси масою екотонів.

Важливим чинником відтворення аборигенної іхтіофауни є поєднання суходільних (заплавних) і безпосередніх екотонів (зимувальних ям для збереження маточного поголів'я у підльодовий період). Навесні лугова заплава з трав'яним покривом створює разом з підігрівом води до  $t=10^{\circ}\text{C}$  умови для відтворення живого корму.

**Ключові слова:** іхтіофауна; екосистема; водоохоронна зона; нерестовища; заплава; річкова мережа; самоочищення; аквакультура.

**Постановка проблеми.** Вирішення проблеми деградації малих річок, які є притоками основних середніх водотоків у басейні Прип'яті-Стира (зокрема, Горині і Случа), через спрямлення русел та їх ізоляції від природних заплав і нерестовищ, є надзвичайно актуальною справою.

Одним з ключових наслідків такої деградації є втрата природного характеру річок і суттєве порушення балансу екосистеми, що, своєю чергою, негативно впливає на рибний фонд, зокрема на аборигенні види риб, які втрачають свої природні місця і ресурси для розмноження [4, С.161]. Натомість, ізоляція русел від заплав призводить до втрати придатних місць для нересту риб і відтворення молоді, адже заплава відіграє ключову роль у формуванні біологічної різноманітності, забезпеченні якісної кормової бази та підтриманні високої якості поверхневої води.

Вирішення цієї проблеми вимагає комплексного підходу, який би охоплював реставрацію природного русла, відновлення природних заплав і нерестовищ, а також запровадження заходів для збереження та відновлення аборигенних видів риб. Перераховані кроки мають включати й необхідність розробки і впровадження ефективних стратегій з управління водними ресурсами, які б врахували збереження природного середовища річкового басейну і забезпечення його сталого функціонування як першочергових завдань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження особливостей масштабного порушення природного стану річок і суттєвого руйнування балансу водної екосистеми відображені у працях вітчизняних та зарубіжних вчених: Клименка М. О. [1–3], Гриба Й. В. [1–4; 7], Гродзинського Д. М. [5], Гроховської Ю. Р. [6], Куньчик Т. М. [4], Сондака В. В. [1–4], Євтушенко М. Ю. [8], Яцика А. В. [7] та інших.

**Мета і завдання досліджень.** Визначити екологічне значення заплави, що залежить від ширини першої надзаплавної тераси та ширини русла в бровках берега. Дослідити, крім того, збереження трав'яного покриву, що сприяє захисту русла від твердого поверхневого стоку та уповільнює процеси замулення русел.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Біопродуктивність та захищеність річкових ценозів є тісно пов'язаними зі станом заплави, що визначається комплексом екологічних факторів. Важливий аспект цієї взаємодії проявляється у процесах обміну речовини та енергії між руслом річки і прилеглим суходолом, особливо під впливом водопілля та інтенсивних атмосферних опадів, що сприяють активному функціонуванню заплави.

Заплава відіграє важливу роль у забезпеченні захисту води річки, зокрема, вона фільтрує та поглинає бруд, який потрапляє до русла, сприяє відродженню аборигенної іхтіофауни в умовах ідеального середовища для розвитку і розмноження різних видів риби, живить річки у меженні періоди, коли інші джерела харчування завдяки ґрунтовому дренажному стоку є збідненими [5, С. 27].

У районах, де заплава залишається непорушеною, а чисту воду річкової мережі забезпечують притоки, заплавні озера, стариці та джерела, наявними є значні показники рибопродуктивності та видового різноманіття іхтіофауни [1, С. 148]. Так, для русла річки Горинь, де впадає правобережна притока Чаква, завдяки заплаві утворилися сприятливі умови для розвитку і збереження різноманітних форм життя у створах населених пунктів, зокрема Деражного, Степані, Дубровці, Висоцька.

Однак проблема, що виникає через притоки першого порядку (річки Стубла, Путилівка (за винятком гирлових ділянок), Зульня, Мельниця, Стави, Корчик та ін.), є суттєво іншою за своєю характеристикою. Тут, ймовірно, через відсутність великих приток, заплав чи інших природних формацій, спостерігається погіршення

якості води, зниження рівня рибопродуктивності та втрата видового різноманіття іхтіофауни. Це може бути у цьому регіоні наслідком неадекватного антропогенного впливу, втрати природного середовища та незбалансованого використання водних ресурсів.

Тому для утримання і відновлення заплав, забезпечення стійкості та екологічного інтегритету річкових систем, що має ключове значення для збереження біорізноманіття та екосистемних послуг, виникає нагальна необхідність запровадження контролю з охорони та відновлення природного середовища.

У вивченні геоморфологічних та екологічних особливостей річкових систем важливим аспектом є розрахунок коефіцієнта розвитку заплави. Цей показник визначається як середньозважена величина за профілем русла і відіграє ключову роль у визначенні стану та ефективності функціонування заплавної території.

Коефіцієнт розвитку заплави розраховувався згідно формули:

$$K_{\text{заплави}} = \frac{K_1 L_1 + K_2 L_2 + \dots + K_n L_n}{L} = \frac{K_{\text{запл}1} + K_{\text{запл}2} + \dots + K_{\text{запл}n}}{L}, \quad (1)$$

де  $K_{\text{запл}}$  – коефіцієнти розвитку заплави окремих ділянок річки;  $L$  – довжина всієї річки за профілем.

Коефіцієнти розвитку заплави для окремої ділянки русла річки розраховується за формулою:

$$K_{\text{запл}} = \frac{B_o}{B_\delta}, \quad (2)$$

де  $B_o$  – середня ширина ділянки річки, затоплена заплавою за найвищого 1% рівня забезпеченості, м;  $B_\delta$  – середня ширина водної поверхні водного дзеркала річки в бровках русла на тій же ділянці річки, визначається за даними спостереження на основі побудови залежності  $B_\delta = f(H)$ , де « $B$ » та « $H$ » – параметри ширини водної поверхні русла та рівня води.

Для встановлення екологічного стану річкових систем використовується показник, що визначає якість розвитку заплави – коефіцієнт розвитку заплави ( $K_{\text{запл}}$ ). Цей показник розраховується для оцінки екологічної значимості розвитку заплави річок і поділяється на три групи, кожна з яких вказує на певний рівень значимості:

- якщо  $K_{запл.} > 5,0$  – річка з високою екологічною значимістю розвитку заплави;
- якщо  $2,0 < K_{запл.} < 5,0$  – річка із середньою екологічною значимістю розвитку заплави;
- якщо  $K_{запл.} < 2,0$  – річка з низькою екологічною значимістю розвитку заплави.

Спрямлені русла малих річок, що мають  $K_{запл.} < 2,0$ , можуть бути визначені як системи з низькою екологічною значимістю розвитку заплави. З урахуванням цього підходу, проведемо порівняльний аналіз коефіцієнтів розвитку заплави для двох річкових систем: Горині та Стубли (табл. 1).

Таблиця 1

Коефіцієнти заплави досліджуваних річок

Характеристики	Річки					
	Льва	Стубла	Путилівка	Зульня	Устя	Горинь
$L$ , км	100	64	70	50	62	500
$B_b$ , м	6	5	4	4	4	10
$B_o$ , м	100	80	60	50	50	500
Відрегульована ділянка русла, $L$ , км	70	60	40	20	50	0
$B_b$ , м	5	5	4	2	5	50
$K_{запл.}$ – відрегульованого русла річки	16/14	16/12	15/10	12,5/10	12,5/10	500/50

Спрямлені русла річок, визначені низькою значимістю  $K_{запл.} > 5,0$ , свідчать про їхню змінену природну динаміку та можливий негативний вплив на екосистеми. За таких умов заплавні території можуть бути менш стійкими до змін, втрачаючи частину своєї природної різноманітності і екологічної цінності.

Отож, русло річки Горинь має високий коефіцієнт розвитку заплави та демонструє високий ступінь екологічної значимості. Значення  $K_{запл.} > 10,0$  свідчить про наявність розвиненої та збереженої заплави, яка є важливим природним компонентом, що підтримує високу рибопродуктивну значимість. Особливо на природних локалітетах відтворення іхтіофауни (табл. 2), річка Горинь є не лише об'єктом екологічної ваги, але й важливим фактором для сталого функціонування водних екосистем (малих річок і їх складових) та підтримки рибного ресурсу.

Таблиця 2

## Заплавні екотони, як елементи відродження аборигенної іхтіофауни

№	Види заплавних екотонів	Функції
1	Заплавні озера	місця збереження маточного поголів'я (річки Случ, Горинь, гирло Стубли)
2	Заплавні стариці	місця збереження маточного поголів'я (річки Случ, Горинь, гирло Стубли)
3	Нерестовища коропових	Заплавні луки з блюдцями повеневих вод
4	Нерестовища щуки	Стави з рибходами для сполучення малька (річки Горинь, Прип'ять)
5	Заплавні рибовідтворювальні ділянки	Заболочені низини із постійним рівнем води і місцям нересту аборигенних видів риб (річки Горинь в с. Городок)
6	Фантомні озера	Пониження у басейнах старіючих озер, місця відтворення карася (оз. Скоринь)
7	Притоки першого порядку	Місця збереження видового різноманіття аборигенних видів риб в період межені (річкова мережа)
8	Затоки з озерами	Місця відтворення живого корму, перебування аборигенної іхтіофауни (річки Горинь, Десна, Случ, Прип'ять)
9	Заплавні луки прибережних смуг	Захист від домішок поверхневого стоку, збереження лучної рослинності (річкова мережа)
10	Заплавні болота	Природний стік у межень

Основними складовими річкової системи є заплавні екотони, що являються зонами переходу між водним і наземним середовищами та являють собою екологічно важливі області в прибережних районах. Ці зони виникають на межі водойм і суходолу, як правило, вздовж річок, озер, боліт або інших водойм. Заплавні екотони є важливим елементом існування видового складу аборигенних видів іхтіофауни.

Одним із складових елементів екологічної стабільності екотонів річкової мережі є проведення комплексу заходів природного чи антропогенного впливу. Аналізуючи антропогенну складову окремих створів спостереження річок: Случ (нижче м. Сарни, гирло біля с. Колки), Горині (нижче м. Дубно, гирлова ділянка біля с. Висоцьк), можна побачити певні зміни (табл. 3).

Оцінка змін якості води на заплаві визначає важливі аспекти екосистеми, що включають процеси осадження, концентрації розчиненого кисню, вміст органічних домішок, нітрифікацію та присутність живого корму, такого як дафнії. Ці зміни можуть слугувати індикаторами стану водного середовища та його взаємодії з антропогенними чинниками.

Осадження, визначене за допомогою висіву, є важливим показником ефективності водоочищення та може вказувати на рівень забруднення води твердими частинками. Підвищення вмісту розчиненого кисню вказує на здоровий стан водної системи, оскільки кисень є необхідним для багатьох форм життя.

Таблиця 3  
Вплив заплавних і проміжних екотонів у річкових мережах  
Горині і Случа на якість води

Характеристики	Од. виміру	Річки та створи спостережень			
		Случ		Горинь	
		нижче м. Сарни	гирло с. Колки	нижче м. Дубно	гирлова ділянка с. Висоцьк
Завислі речовини	%	12,0	5,0	15,0	6,0
<i>pH</i>		7,4	8,0	7,6	7,1
Сольовий склад					
<i>Cl<sup>-</sup></i>	мг/дм <sup>3</sup>	17,0	13,0	25,0	20,0
<i>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></i>	мг/дм <sup>3</sup>	26,0	30,0	41,0	40,0
<i>Ca<sup>2+</sup></i>	мг/дм <sup>3</sup>	48,0	90,0	56,0	58,0
<i>Mg<sup>2+</sup></i>	мг/дм <sup>3</sup>	12,0	8,5	19,4	19,0
<i>K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup></i>	мг/дм <sup>3</sup>	7,6	21,7	8,5	8,25
<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	мг/дм <sup>3</sup>	180,0	110,0	190,0	195,0
Мінералізація	мг/дм <sup>3</sup>	295,0	252,0	325,0	344,0
Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	205,0	195,0	225,0	244,0
жорсткість	мг.екв/дм <sup>3</sup>	3,4	5,2	3,0	4,4
Розчинений кисень	мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,0	11,6	9,6	10,4
Насичення	%	72,7	81,0	78,0	93,0
Перманганатна окислювальність	мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,2	12,1	9,7	10,7
<i>BCK<sub>5</sub></i>	мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,2	5,1	5,0	3,6



продовження табл. 3

Азот амонійний, $NH_4$	мгN	0,9	0,58	1,8	0,1
Азот нітратний, $NO_3$	мгN	1,0	0,7	0,2	2,0
Азот нітритний, $NO_2$	мгN	0,15	0,03	0,05	0,02
Фосфати, $PO_4^{2-}$	мгP	0,20	0,05	0,70	1,14
Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	0,80	0,20	0,15	0,10
Зоопланктон (дафнія)	екв/дм <sup>3</sup>	0	20	0	12

Зниження вмісту органічних домішок свідчить про поліпшення якості води, оскільки вони можуть викликати евтрофікацію та інші проблеми водного середовища.

Посилення процесів нітрифікації та азотних сполук може свідчити про антропогенний вплив і можливі проблеми з управлінням водними ресурсами. Нітрифікація може призводити до підвищеної концентрації азотних сполук з відповідними наслідками для водної екосистеми.

Розвиток живого корму, такого як дафнії, свідчить про відновлення екосистемних функцій і підтримку водних та рибних ресурсів. Однак варто враховувати, що регулювання стоків повенемих вод і відсутність затоплених заплавл можуть обмежувати відтворення та взаємодію з екосистемою взагалі [8, С. 89]. Дослідження вказує на те, що відтворювальні функції спостерігаються лише у гирлах приток, як місце стоянки риб і відтворення дрібної риби, такої як плотва і окунь. Це підкреслює необхідність управління водними ресурсами з урахуванням різноманіття заплавлних екосистем і важливості збереження природних процесів для підтримки рибальства та збереження біорізноманіття.

Враховуючи важливість функціонування екотонів у водних екосистемах можна зазначити, що ці зони є ключовими елементами для забезпечення екологічної стійкості та біорізноманіття.

Однак антропогенний тиск і трансформація річкових систем можуть призводити до порушень у функціонуванні цих екотонів. Тому, враховуючи їх важливість для екосистем, важливо впроваджувати компенсаційні заходи, спрямовані на відновлення та підтримку цих унікальних природних об'єктів.

Серед компенсаційних заходів можуть бути: регулювання річкового стоку з метою збереження оптимального режиму затоплення для заплавних екотонів, заходи з охорони берегів для запобігання ерозії, відновлення рослинного покриву та природного середовища в цих зонах. Крім того, важливо враховувати принципи сталого використання ресурсів і забезпечення ефективної взаємодії з місцевими громадами.

У випадку впровадження компенсаційних заходів, контрольні показники відіграють ключову роль у визначенні ефективності цих заходів і в моніторингу екологічного стану заплавних екосистем. За допомогою цих показників можна здійснювати системний аналіз та оцінку змін, що відбуваються в екосистемі в результаті заходів [3, С. 219].

Контрольні показники, визначені в табл. 2, охоплюють різноманітні аспекти екологічної стійкості заплав. Наприклад, чисельність проміжних зон може служити індикатором відновлення рослинного покриву та різноманіття біотичних компонентів. Термін затоплення заплави вказує на час, протягом якого вода залишається на певній площі, враховуючи екосистемні потреби.

Температура води на заплаві є важливим показником, оскільки вона впливає на фізіологічні процеси водних організмів. Маса живого корму та висота стояння води є ключовими факторами для підтримки відтворення риб та інших водних мешканців. Шляхи скачування малька вказують на ефективність рибопоселення у нових зонах.

Дослідження в межах басейнів річок Десни, Горині, Стубли та Путилівки, особливо у створі м. Херсон та с. Дуби-Городок, надає можливість здобуття контекстуальної інформації про екосистемні особливості та взаємодію факторів, що впливають на якість водних екотонів у конкретних регіонах. Це важливо для розробки науково обґрунтованих стратегій управління та відновлення природних систем в умовах антропогенного впливу.

У басейнах, які піддані спрямленню та регулюванню, спостерігається низька продуктивність через низку факторів. Спрямлення річок призводить до зростання швидкості руслового потоку, що негативно впливає на екосистеми водойм. Збільшена швидкість може стати непридатною для багатьох видів водних організмів, обмежуючи їхню здатність до розвитку та розмноження.

Одним із важливих аспектів низької продуктивності є дефіцит живого корму, що виникає через зміни у руслі річок і прилеглих водойм. Зміна природного режиму може призвести до втрати придатних середовищ для розмноження та живлення риб. Це ускладнить процеси вирощування та підтримки стабільних популяцій різноманітних водних організмів, зокрема аборигенних видів риб.

Також регулювання річкових систем може призвести до зникнення екологічних ніш, які є критичними для збереження біорізноманіття. Втрата таких ніш може спричинити зниження різноманітності видів і порушити природний баланс екосистем. Це впливає на стійкість водних екосистем і може викликати негативні ефекти на всій ланці живлення.

Однак, за погіршення якості води та порушення кисневого режиму, можливість міграції риби з основного русла може стати необхідністю [6, С. 26]. Зміни в якості води можуть впливати на здоров'я та розвиток риби, вимагаючи її відхід від забруднених або непридатних для життя водойм. Особливо це актуально для щуки, яка для нересту може обирати інші місця, зокрема розширені гирла з вищою водною рослинністю (ВВР).

На прикладі гирла річки Чаква, притоки Горині, можна виділити період зими, коли спостерігається найбільший якісний склад іхтіофауни. У цьому регіоні формуються зимувальні ями, які стають прихистком для риб, включаючи тих, що мігрують із річки Прип'ять. Такі явища вказують на важливі місця для збереження та розвитку рибних популяцій.

При цьому важливо врахувати, що непорушені середовища, такі як лучні заплави, можуть відігравати ключову роль у створенні сприятливих умов для відтворення риби. Лучна заплава, яка не піддається регулюванню, сприяє підвищенню температури води весною до  $+8-10^{\circ}\text{C}$ , що є однією із основних умов сприяння нересту риб, формуванню живого корму та підвищення якості води.

Прикладом екологічної ніші є місцевість заплави річки Горинь у створі с. Деражне [2, С. 146], яка є складною екосистемою, об'єднуючи різноманітні екотони та природні умови, сприятливі для відтворення іхтіофауни. Тут можна виокремити заплавні луки, заплавне озеро, джерела та притоки з лісового масиву, що створюють ідеальне середовище для рибного нересту. Особливо важливою частиною місцевості є лугова заплава, яка слугує

біоценозом з підігрівом води. Це місце є ідеальним для розвитку живого корму та шляхів скочування личинок малька. Екологічний індекс якості води ( $I_e$ ) у на цій ділянці екотону становить 2,0, визначаючи як воду першого класу, що свідчить про високу якість водойми.

Порівняно з основним руслом, де  $I_e = 7,6$  і вода має проміжну якість, природне утворення у створі с. Деражне демонструє значний екологічний еталон. Проте основне русло річки Горинь виявляється надзвичайно збідненим у резервах живого корму, що безпосередньо впливає на розвиток тут іхтіофауни. Недостатність природних джерел харчування для водних організмів цієї місцевості може викликати кількісні зміни у популяціях риб та інших водних видів.

Суттєвим аргументом у визначенні важливості чисельності проміжних екотонів у руслі річки становить приклад с. Степань. Тут густота гідрографічної мережі річок і стариць визначає умови для відтворення аборигенної іхтіофауни, яка утворює стійку популяцію. Цей факт демонструє, що наявність проміжних екотонів може сприяти формуванню та підтримці різноманітних популяцій риб.

У нижній течії річки Горинь лучна заплава, що належить до біотопу притоки р. Чакви, створює аналогічні умови для відтворення іхтіофауни. Чиста вода у притоці, наявність зимувальних ям та різноманітної кормової бази і стариць у гирлі Чакви є важливими факторами, які сприяють формуванню видового різноманіття в Прип'ятсько-Горинській відтворювальній іхтіосистемі.

Аналізуючи антропогенну складову впливу на екотони басейну річки Горинь, важливо враховувати різноманітні аспекти людської діяльності, які можуть нести негативні наслідки для природного середовища. Шкідливу роль у відтворенні аборигенної іхтіофауни виявляють іони міді, що утворюються через обробку води системами охолодження Хмельницької АЕС. Цей фактор призводить до загибелі або недорозвитку живого корму [7, С. 25]. Додатково, присутність діоксинів, які є продуктами окислення домішок стічних вод, підсилює цей вплив на екосистему, адже їх визначення залишається непроведеним під час досліджень.

**Висновки.** За сучасних умов, коли відбувається збіднення складу аборигенної іхтіофауни, важливо активно розглядати можливості розвитку прісноводної аквакультури як ефективного інструменту для відновлення та збереження рибних популяцій.

Збереження та розширення аквакультури дозволить забезпечити стабільне виробництво риби, а також збільшити кількість видів, які можна відновити у штучних умовах. При цьому важливо враховувати генетичну маніпуляцію для збереження біорізноманіття та підтримки іхтіофауни.

Однак, із розвитком прісноводної аквакультури, необхідно також активно займатися збереженням природних локалітетів відтворення. Захист природних середовищ і збереження природних річкових біотопів стає важливим завданням для збереження генетичного резерву та природної різноманітності. Розвиток систем охорони природи та утримання заповідних зон сприятиме відновленню екосистем та підтримці природних циклів відтворення риб. Для локального поліпшення умов відтворення риб, важливо залучати місцеві громади до процесів управління рибними ресурсами. Місцеві ініціативи та програми можуть сприяти не лише поліпшенню умов відтворення риб, але й зміцненню зв'язку між людиною та природою, що має важливе значення для сталого використання рибних ресурсів.

1. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. Рівне : Волинські обереги, 1999. 348 с.
2. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер (Рекомендації до розробки ОВНС). Рівне : НУВГП, 2012. 246 с.
3. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Реабілітація порушених річкових та озерних систем. Рівне-Вінниця, 2015. 424 с.
4. Гриб Й. В., Сондак В. В., Куньчик Т. М. Компенсаційні заходи з відтворення аборигенної іхтіофауни у річково-озерній мережі Західного Полісся. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2005. Вип. 38. С. 161–164.
5. Гродзинський Д. М. Основи ландшафтної екології : підручник. К. : Либідь. 1993. 224 с.
6. Гроховська Ю. Р. Вищі водні рослини і моніторинг якості поверхневих вод (на прикладі річок Устя та Замчисько). *Вісник Української державної академії водного господарства*. Рівне, 1998. Вип. 1. С. 25–29.
7. Денисова О. І., Серебрякова Т. М., Чернявська А. П., Яцик А. В., Гриб Й. В., Сіренко Л. Я., Верніченко Г. А., Руденко Л. О., Разов В. П. Сучасний стан поверхневих вод України: методичні підходи та екологічна оцінка. *Водне господарство України*. 1996. № 6. С. 24–28.
8. Євтушенко М. Ю. Відновна іхтіоекологія як науковий напрям розвитку рибництва внутрішніх водойм України. *Рибогосподарська наука України*. 2010. № 3. С. 88–91.

## REFERENCES:

1. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. Vidnovna hidroekolohiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system. Rivne : Volynski oberehy, 1999. 348 s.
2. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. Vidrodzhennia ekosystem transformovanykh baseiniv richok ta ozer (Rekomendatsii do rozrobky OVNS). Rivne : NUVHP, 2012. 246 s.
3. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V. Reabilitatsiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system. Rivne-Vinnytsia, 2015. 424 s.
4. Hryb Y. V., Sondak V. V., Kunchyk T. M. Kompensatsiini zakhody z vidtvorennia aboryhennoi ikhtiofauny u richkovo-ozernii merezhi Zakhidnoho Polissia. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. Kherson, 2005. Vyp. 38. S. 161–164.
5. Hrodzynskiy D. M. Osnovy landshaftnoi ekolohii : pidruchnyk. K. : Lybid. 1993. 224 s.
6. Hrokhovska Yu. R. Vyshchi vodni roslyny i monitorynh yakosti poverkhnevnykh vod (na prykladi richok Ustia ta Zamchysko). *Visnyk Ukrainskoi derzhavnoi akademii vodnoho hospodarstva*. Rivne, 1998. Vyp. 1. S. 25–29.
7. Denysova O. I., Serebriakova T. M., Cherniavska A. P., Yatsyk A. V., Hryb Y. V., Sirenko L. Ya., Vernichenko H. A., Rudenko L. O., Razov V. P. Suchasnyi stan poverkhnevnykh vod Ukrainy: metodychni pidkhody ta ekolohichna otsinka. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*. 1996. № 6. S. 24–28.
8. Yevtushenko M. Yu. Vidnovna ikhtioekolohiia yak naukovyi napriam rozvytku rybnystva vnutrishnikh vodoim Ukrainy. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. 2010. № 3. S. 88–91.

---

**Kovalchuk S. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Chairman of the Cycle Commission (SSU «Rivne Technical Professional College of NUWEE», Rivne), Hryb Y. V., Doctor of Biological Sciences, Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), Kalko A. D., Doctor of Geographical Sciences, Professor (SSU «Rivne Technical Professional College of NUWEE», Rivne)**

### **ROLE OF THE FLOODWATER OF THE RIVER-LAKE NETWORK AS A LIFE CENTER OF THE AQUATIC ECOSYSTEM AND THE CREATION OF ABORIGINAL ICHTHIOFAUNA**

**A river lives in a floodplain – this thesis is the basis of aquatic ecosystems. Mid-spring thaw waters flood the floodplain, creating optimal conditions for spawning and development of live feed, self-purification of the waters takes place. During precipitation, the floodplain is cleaned of impurities and suspended surface runoff.**

However, due to ecologically unjustified economic activities – plowing of meadow floodplains, uncontrolled construction, parking of cars, cattle grazing in the coastal strips of water protection zones, etc., the functions of the floodplain were reduced, including the straightening of riverbeds during land reclamation and hydrotechnical construction. As a result, the river-flood ecosystem was destroyed, the conditions of the reproductive function were violated, and the natural spawning grounds of aboriginal fish species were cut off. Currently, with a decrease in fish productivity of the natural river and lake network, it is necessary to reproduce the principles of natural aquaculture and the normal life of the river network.

The floodplain of the river can have compensatory natural ecotones, improved and rehabilitative ones. Natural ecotones include floodplains, old rivers, old rivers, floodplain meadows and marshes, spawning grounds, first- and second-order tributaries. The improved ecotones include floodplain ponds, phantom lakes, channel floodplain fish breeding areas, connecting channels in the first supraflood section of channels to isolated lakes.

Artificial ecotones include floodplain quarries, ponds, and summer ponds. The summation of river bed ecotones provides an opportunity for the creation of fish breeding complexes. In particular, in the creation of Derazne on the Horyn River is a combination of ecotones: a tributary from the forest massif, natural springs, a floodplain lake, a meadow floodplain. The bay of the riverbed creates reproductive complexes with a mass of ecotones.

An important factor in the reproduction of aboriginal ichthyofauna is the combination of terrestrial (floodplain) and direct ecotones (wintering pits for the preservation of broodstock during the subglacial period). In the spring, the meadow floodplain with a grass cover creates, together with the heating of the water to  $t = 10^{\circ} \text{C}$ , conditions for the reproduction of live fodder.

**Keywords:** ichthyofauna; ecosystem; water protection zone; spawning grounds; flood; river network; self-cleaning; aquaculture.

**Майборода Х. А., аспірантка** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, h.a.maiboroda@nuwm.edu.ua)

## **ЗРОСТАННЯ САЛАТУ ЛИСТОВОГО У СИСТЕМІ АКВАПОНІКИ ІЗ СОМОМ КЛАРІЄВИМ**

Аквапоніка – це комбінована система симбіотичного вирощування водних організмів і рослин, у якій стічні води аквакультури зазнають мікробних перетворень, які використовуються як джерело поживних речовин для росту рослин, тоді як поглинання поживних речовин рослинами відновлює воду для аквакультури [1]. Використання природних процесів життєдіяльності прісноводних тварин, таких як риби та креветки, слугує живильним середовищем для вирощування рослин. У процесі росту рослини споживають необхідні їм продукти виділень цих організмів – хімічні речовини (азотисті, калійні, фосфорні сполуки, вуглекислий газ тощо), розчинені у воді, та водночас природним шляхом очищують воду і збагачують її киснем [2].

Проте, ми припустили, що сам корм може забезпечувати ріст рослин, а симбіоз з рибою в аквапоніці створює додатковий благотворний вплив на розвиток рослин. Цей взаємозв'язок між рибою та рослинами сприяє підвищенню ефективності системи, оскільки відходи життєдіяльності риби слугують природним добривом для рослин, що забезпечує їхній ріст.

У цьому дослідженні ми вирощували салат листовий, а саме сорт Батавія Афіціон (*lactuca sativa batavia aficion*) в системі аквапоніки із сомом кларієвим (*Clarias gariepinus*) та додали однакову кількість корму, що містить N і P, щоб перевірити гіпотезу.

Рослини салату, вирощені на аквапоніці, активно росли до 3 тижнів і містили постійний рівень азоту, ці результати свідчать про те, що сом сприяє швидшому розкладанню корму.

Врожайність салату становила 2,8 кг/м<sup>2</sup>. Моніторинг води в аквапонічній системі показав низьку концентрацію нітратів, фосфору (P), калію (K) і магнію (Mg), проте частка мінеральних поживних речовин та рівень рН залишалися стабільними протягом



усього періоду вирощування салату. Значення електропровідності (ЕП), зареєстровані в цьому дослідженні, становили від 1,5 до 1,7 см/м через низьку швидкість заміни води, що сприяло більшому зростанню рослин і накопиченню іонів у розчині.

Завдяки безперервній рециркуляції води, умови в аквапонічній системі стають задовільними для вирощування рослин. Такий підхід забезпечує постійний доступ до поживних речовин і підтримує стабільність водного середовища, що сприяє оптимальному росту рослин.

**Ключові слова:** аквапоніка; салат листовий; сом кларієвий; врожайність; моніторинг води.

**Постановка проблеми.** Традиційні методи виробництва в сільському господарстві, а також використання застарілої техніки та обладнання, поряд із енергомісткими та високовитратними агротехнологіями, не здатні забезпечити конкурентоспроможність підприємств у сучасних ринкових умовах. Тому на вітчизняному ринку виникає потреба в запровадженні інновацій, що ґрунтуються на зменшенні залежності від ресурсів, зниженні собівартості сільськогосподарської продукції, збільшенні обсягів валового збору, при цьому зберігаючи та відтворюючи потенціал ґрунтів і навколишнього середовища.

Однією з галузей промисловості, що найшвидше розвивається у світі для виробництва їжі, є аквапоніка. Ця інноваційна технологія об'єднує аквакультуру та гідропоніку, дозволяючи вирощувати рибу разом із рослинами в замкнутій екосистемі, що забезпечує ефективне використання ресурсів і зменшує вплив на навколишнє середовище. Завдяки скоростиглості салату листового за невеликий проміжок часу можна отримати якісну (за рівнем поживних речовин) продукцію. Рослини швидко ростуть завдяки розчиненим поживним речовинам, які виділяються безпосередньо рибою або утворюються в результаті мікробного розщеплення рибних відходів.

З погляду біології, цікавим об'єктом дослідження є африканський сом [3]. Ця риба володіє важливою біологічною особливістю – наявністю спеціального надзябрового органу, який дозволяє їй дихати атмосферним киснем. Завдяки цьому, африканський сом здатний пристосовуватися до умов з низькою

концентрацією кисню, а також до високого вмісту аміаку та органічних речовин у воді.

Ми виявили, що основним джерелом P в аквапоніці є корми для риб. Риби споживають лише 15% фосфору у кормах для риб, а рослини можуть поглинати фосфор із аквакультури. Рибні корми також містять K та інші мікроелементи, кількість K, заліза (Fe), магнію (Mg), марганцю (Mn) і міді (Cu) обмежена, але присутність риби забезпечує певний сприятливий вплив до виділення поживних речовин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Наразі чимало наукових установ аграрного профілю США займається всебічним вивченням та удосконаленням аквапонних систем та технологій отримання плодоовочевої продукції та продукції рибництва. Автори Ramin Ghamkha, Christopher Hartleb [4] зазначили, що аквапонічне виробництво їжі є перспективним рішенням для зменшення несприятливого впливу систем виробництва їжі на навколишнє середовище, включаючи втрати поживних речовин і споживання води. Kenji Yamane, Yuuki Kimura, Keita Takahashi [1] та інші повідомили, що сом сприяє швидшому розкладанню корму. Аквапоніка запобігає забрудненню розчину в резервуарах і підтримує вищу якість води порівняно, що свідчить про те, що аквапоніка є більш стійкою системою вирощування навіть у невеликих системах. Ряд дослідників повідомили, ріст, ефективність використання корму та загальне відновлення поживних речовин у перерахунку на біомасу були високими в системі аквапоніки. Ці результати свідчать про те, що аквапоніка є не тільки екологічно чистою системою аквакультури, але також може виробляти більше біомаси, ніж звичайна система аквакультури, і отже, може бути розширена в комерційних масштабах. Також було досліджено Lennard і Leonard [16], що врожайність салату була високою в аквапонічних системах. Висновки, отримані в результаті дослідження Sunday Abraham Oladimeji, Victor Tosin Okomoda та інших, вказують, що виробництво риби в системі аквапоніки є ефективним, а при підтримці якості води у відповідних діапазонах збільшить виробництво рослин [5].

**Мета і завдання дослідження.** Метою було дослідити вирощування *Lactuca sativa* Batavia Aficion на аквапонній системі із сомом кларієвим. А також перевірити можливість отримання

адекватного врожаю та хорошої якості листового салату, вирощеного в рециркуляційній аквапонічній системі (з використанням лише органічних добрив, вироблених рибою, без додавання мінеральних добрив). Основна перевага полягає в незалежності виробництва від умов зовнішнього середовища, можливості автоматизованого, контрольованого режиму умов вирощування практично будь-яких видів гідробіонтів та сільськогосподарських рослин.

Перед авторами постало завдання дослідити врожайність сома кларієвого та салату листового, їхні морфологічні властивості, вміст макро- та мікроелементів у воді, накопичення поживних речовин рослинами.

**Матеріали і методи дослідження.** Нітрати у свіжому рослинному матеріалі визначали потенціометричним методом. Вміст інших компонентів визначали за висушеною рослинною сировиною. Вміст P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B визначали фотометрично. Вміст азоту аналізували за допомогою методу К'ельдаля [6].

Вміст макроелементів у воді аналізували за допомогою спектрофотометра Lasa agro 1900. Також використовували такі методики для дослідження якості води: вимірювання концентрації нітрат-іонів фотоколориметричним методом (МВВ № 081/12-0651-09, 2010), вимірювання масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Неслера (МВВ № 081/12-0106-03, 2010), вимірювання масової концентрації хлоридів титриметричним методом (МВВ № 081/12-0653-09, 2010) та вимірювання масової концентрації кальцію та магнію титриметричним методом (МВВ № 081/12-0644-09, 2010).

Під час збирання салату з систем, вага пагонів і коренів була проаналізована за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу (ANOVA). Також було розраховано індекс росту рослин NDVI (нормалізований диференційний вегетаційний індекс) [7]. *Lactuca sativa* Batavia Aficion збирали, коли він досяг товарної зрілості, тобто через 34 дні після пересадки, після чого визначали повітряно-суху та абсолютно-суху масу рослини, кількість листків, висоту та ширину рослини, об'єм кореневої системи, біомасу рослини.

**Результати досліджень.** В аквапонічній системі середній вміст макроелементів становить  $\text{NO}_3$  – 4 мг/дм<sup>3</sup>, P – 3 мг/дм<sup>3</sup>, K – 20 мг/дм<sup>3</sup>, Ca – 143 мг/дм<sup>3</sup>, Mg – 29 мг/дм<sup>3</sup>. Значення рН коливаються між (7,0–8,0). На початку рН було 7,0, що є ідеальним і нормальним для

цієї системи, через деякий час рН різко підвищився (8,2), що пов'язано з накопиченням у воді відходів і хімічних речовин, які утворюються рибою та іншими мікроорганізмами. Досліджені морфологічні характеристики салату показали, що *Lactuca sativa* Batavia Afición досяг свіжої маси 80 г та утворив 17 листків. Висота найбільшої (враховувалась довжина листка разом із довжиною кореневої системи) рослини становила 48 см. Максимальний об'єм кореневої системи 45 мл. Також було отримано результати повітряно-сухої біомаси рослини з максимальною вагою 44 г та абсолютно сухої біомасу рослини з максимальною вагою (зразки висушувались у сушильній шафі, при температурі 65°C, по 4 години, протягом двох днів) 42 г. З огляду на розрахунок індексу росту рослин, встановили середньодобову швидкість зростання (різниця між вимірюванням розміру рослини в кінці досліду та на початку, поділену на кількість днів між вимірюваннями), у гідропоніці салат зростав – 1,9 см щодоби.

За вмістом нітратів 2263 мг/кг, загального азоту 2,97% та Fe 93,83 мг/кг, вміст K 73,6 мг/кг і Ca 20,1 мг/кг. Слід також згадати, що магній є центральним атомом хлорофілу, який відіграє ключову роль у фотосинтезі, та є одним з найважливіших мінеральних елементів, оскільки він необхідний для багатьох біохімічних процесів. Що стосується його вмісту, в аквапонній системі – 1943 мг/кг. Вміст сірки в листі був 18,3 мг/кг. Це пов'язано з тим, що в аквапонічних системах рідко спостерігається дефіцит сірки і переважно знаходиться у вигляді сульфату ( $SO_4^{2-}$ ) розчинного аніону. Сульфат поглинається безпосередньо рослиною і дуже важливий у виробництві багатьох амінокислот, білків і масел.

Оптимальний рН для аквакультури коливається між 7,0 і 8,0 [8], а нітрифікуючим бактеріям потрібен рН близько 7,5 для оптимального перетворення аміаку в нітрати [9]. У аквапоніці  $NH_4^+$ , що виробляється рибою, перетворюється на  $NO_2^-$  і  $NO_3^-$  через бактерії, що окиснюють і нітрифікують аміак, потім рослини поглинають їх як поживні речовини. Цей тип системи сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище за рахунок повторного використання азоту (N) і фосфору (P) [15]. Коли рН підвищується вище 7,0, більшість P перетворюється на нерозчинні комплекси, і 30–65% фосфору залишається у твердому мулі риби,

який недоступний для рослин. Крім того, рослинам важко засвоювати Fe, Cu, цинк (Zn), бор (B), і Mn, коли рН вище 6,5 [10].

У нашому дослідженні вода в аквапонічній системі містила низьку кількість азоту, фосфору та калію та достатній рівень Ca та Mg, які надходили з водопровідної води, яка використовувалася для заповнення акваріумів. Schmautz та Rafiee [11; 12] виявили, що основним джерелом P в аквапоніці є корми для риб. Риби споживають лише 15% фосфору у кормах для риб, а рослини можуть поглинати фосфор із аквакультури. Рибні корми також містять K і інші мікроелементи, але кількість K, заліза (Fe), магнію (Mg), марганцю (Mn) і міді (Cu), обмежене [13]. Тим не менш, ми отримали задовільну врожайність салату, на аквапоніці – 2,8 кг/м<sup>2</sup> при щільності 36 рослин на метр квадратний.

Оскільки ми повністю покладалися на рибні відходи для забезпечення рослин поживними речовинами, було зафіксовано низькі рівні фосфору (P), калію (K), заліза (Fe) та марганцю (Mn).

Листові овочі, такі як салат, містять значну кількість природних нітратів, які можуть становити небезпеку для здоров'я людини. Європейський Союз (2006) встановив максимальні ліміти для нітратів у салаті, вирощеному під укриттям, і ці значення складають 5000 мг/кг для зимових рослин і 4000 мг/кг в інші сезони. Концентрація нітратів у листі салату, вирощеного в аквапоніці була низькою (2221–2865 мг/кг) і не перевищувала допустиму межу.

Щодо кларієвого сома, він належить до всеїдних тварин, і може харчуватись як і рослинними, так і тваринними кормами, а у природних умовах джерелом їжі є живі чи мертві риби. У м'ясі африканського сома жирність складає до 3,95%, вміст загального білка до 17,9%. Така особливість, тобто співвідношення жиру до білку (1:4), позитивно впливає на якість харчового продукту з погляду смакових, дієтичних і кулінарних страв. Суттєвою перевагою товарної продукції африканського сома є висока технологічна продуктивність: як м'яса у тушці, так і філейки: з шкуркою – 51,6%, без шкурки – 45,4%. Середньою щільністю посадки 30,6 кг/м<sup>3</sup> при загальному об'ємі для вирощування 5,1 м<sup>3</sup>, що призвело до загальної біомаси риби 156 кг.

Ми висловили припущення, що корм може діяти як незалежний ресурс для підтримки росту рослин. Корм для риб є основним джерелом надходження азоту в аквапоніку, оскільки риба виділяє

цей елемент у формі аміаку (90%), який активно використовується для росту рослин. Додаткова доза їжі становила 1 г, що призвело до недостатнього надходження азоту та фосфору як для сомів, так і для листя салату. Після початку експерименту апетит сома залишався відносно низьким, що, ймовірно, було спричинено змінами в навколишньому середовищі. Сомам характерний канібалізм. Щоб зменшити його рівень, рекомендується проводити сортування риб через кожні 10–15 діб.

Сом у системі аквапоніки сприяв перетворенню білків з корму на доступний азот для рослин салату, що викликало підвищення концентрації хлорофілу та забезпечувало активний ріст рослин.

**Висновки.** Наше дослідження показало, що аквапоніка дає задовільну врожайність, при забезпеченні оптимальних умов в лабораторії, включаючи світло і температуру, із модулем глибоководної культури ми отримали за 34 дні вирощування – 2,8 кг/м<sup>2</sup>.

В подальшому, слід особливу увагу приділити мікробіоті, наявній як у воді, так і в ризосфері; можна припустити, що вони містять ефективні ризобактерії та/або гриби, що сприяють росту та доповнювати мінеральними речовинами аквапонічний розчин, для більшої врожайності. Також, бактеріальна флора в системі АР бере участь у зростанні рослин і захворюваності [13; 14], тому необхідно ретельно перевіряти наявність або відсутності патогенності мікобактерій. Ефективність аквапоніки без додаткових мінералів залежить від генотипу рослини. Щодо нашої гіпотези, вона була підтверджена тим фактом, що сам корм міг підтримувати рослини, але соми розкладали корм швидше, що призвело до енергійного росту рослин на ранній стадії. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ефективно поглинався рослинами салату та підтримувався на низькому рівні. Зокрема, аквапоніка запобігає забрудненню розчину в баку, що свідчить про те, що вона є більш стійкою системою культивування навіть у невеликій системі.

1. Kenji Yamane, Yuuki Kimura, Keita Takahashi, Isamu Maeda. The Growth of Leaf Lettuce and Bacterial Communities in a Closed Aquaponics System with Catfish. *Horticulturae*. 2021. Vol. 7(8). P. 222. 2. Junge R., König B., Villarroel M., Komives T., Jijakli M. H. Strategic points in aquaponics. *Water*. 2017. Vol. 9. P. 182. 3. Єржі Адабек, Віталій Бех, Вадим Марценюк. Африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) – цінний об'єкт рибництва. URL: [https://chng.darg.gov.ua/files/16/afr\\_som.pdf](https://chng.darg.gov.ua/files/16/afr_som.pdf) (дата звернення: 10.07.2024).

- 4.** Ramin Ghamkhar, Christopher Hartleb, Fan Wuac, Andrea Hicks. Life cycle assessment of a cold weather aquaponic food production system. *Journal of Cleaner Production*. 2020. **5.** Sunday Abraham Oladimeji, Victor Tosin Okomoda, Samuel Olabode Olufeagba, Shola Gabriel Solomon, Ambok Bolong Abol-Munafi, Korede Isaiah Alabi. Aquaponics production of catfish and pumpkin: Comparison with conventional production systems. *Food Sci Nutr*. 2020. P. 2307–2315. **6.** Latimer G. Official Methods of Analysis. 19th ed. AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2012. ISBN 978-0-935584-83-7. **7.** Andrew Carberry. How to Measure Growth Rate of Plants/2022, Arkansas. URL: <https://www.wikihow.com/Measure-Growth-Rate-of-Plants> (дата звернення: 10.07.2024). **8.** Mims S. D., Lazur A., Shelton W. L., Gomelsky B., Chapman F. Species Profile Production of Sturgeon, Southern Regional Aquaculture Center. 2002. URL: <https://srac.msstate.edu/pdfs/Fact%20Sheets/7200%20Species%20Profile-%20Production%20of%20Sturgeon.pdf> (дата звернення: 10.07.2024). **9.** Suhl J., Dannehl D., Kloas W., Baganz D., Jobs S., Schiebe G., Schmidt U. Advanced Aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs conventional hydroponics. *Agric. Water. Manag.* 2016. Vol. 178. P. 335–344. **10.** Asao T. Hydroponics: A Standard Methodology for Plant Biological Researches. BoD–Books on Demand : Paris, France, 2012. ISBN 978-953-51-0386-8. **11.** Schmautz Z., Graber A., Mathis A., Bulc T. G., Junge R. Tomato Production In Aquaponic System: Mass Balance And Nutrient Recycling. *Aquac. Eur.* 2015. **12.** Rafiee G., Saad C. R. Nutrient Cycle and Sludge Production during Different Stages of Red Tilapia (*Oreochromis Sp.*) Growth in a Recirculating Aquaculture System. *Aquaculture*. 2005. № 244. P. 109–118. **13.** Rakocy J. E., Masser M. P., Losordo T. M. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. *Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture*. SRAC : Stoneville, MS, USA, 2006. P. 236–247. **14.** Khalil S. Growth performance, nutrients and microbial dynamic in aquaponics systems as affected by water temperature. *Eur. J. Hortic. Sci.* 2018. Vol. 83. P. 388–394. **15.** Yang T., Kim H.-J. Characterizing Nutrient Composition and Concentration in Tomato-, Basil-, and Lettuce-Based Aquaponic and Hydroponic Systems. *Water*. 2020. Vol. 12. P. 1259. **16.** Lennard W. A. and B. V. Leonard. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. *Aquaculture Intl.* 2004. Vol. 12. P. 539–553.

## REFERENCES:

- 1.** Kenji Yamane, Yuuki Kimura, Keita Takahashi, Isamu Maeda. The Growth of Leaf Lettuce and Bacterial Communities in a Closed Aquaponics System with Catfish. *Horticulturae*. 2021. Vol. 7(8). P. 222. **2.** Junge R., König B., Villarroel M., Komives T., Jijakli M. H. Strategic points in aquaponics. *Water*. 2017. Vol. 9.

- P. 182. **3.** Yerzhi Adamek, Vitalii Bekh, Vadym Martseniuk. Afrykanskyi klariiievi som (*Clarias gariepinus*) – tsynnyi obiekt rybnystva. URL: [https://chng.darg.gov.ua/files/16/afr\\_som.pdf](https://chng.darg.gov.ua/files/16/afr_som.pdf) (data zvernennia: 10.07.2024).
- 4.** Ramin Ghamkhar, Christopher Hartleb, Fan Wuac, Andrea Hicks. Life cycle assessment of a cold weather aquaponic food production system. *Journal of Cleaner Production*. 2020. **5.** Sunday Abraham Oladimeji, Victor Tosin Okomoda, Samuel Olabode Olufeagba, Shola Gabriel Solomon, Ambok Bolong Abol-Munafi, Korede Isaiah Alabi. Aquaponics production of catfish and pumpkin: Comparison with conventional production systems. *Food Sci Nutr*. 2020. P. 2307–2315. **6.** Latimer G. Official Methods of Analysis. 19th ed. AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2012. ISBN 978-0-935584-83-7. **7.** Andrew Carberry. How to Measure Growth Rate of Plants/2022, Arkansas. URL: <https://www.wikihow.com/Measure-Growth-Rate-of-Plants> (data zvernennia: 10.07.2024). **8.** Mims S. D., Lazur A., Shelton W. L., Gomelsky B., Chapman F. Species Profile Production of Sturgeon, Southern Regional Aquaculture Center. 2002. URL: <https://srac.msstate.edu/pdfs/Fact%20Sheets/7200%20Species%20Profile-%20Production%20of%20Sturgeon.pdf> (data zvernennia: 10.07.2024). **9.** Suhl J., Dannehl D., Kloas W., Baganz D., Jobs S., Schiebe G., Schmidt U. Advanced Aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs conventional hydroponics. *Agric. Water. Manag.* 2016. Vol. 178. P. 335–344. **10.** Asao T. Hydroponics: A Standard Methodology for Plant Biological Researches. BoD–Books on Demand : Paris, France, 2012. ISBN 978-953-51-0386-8. **11.** Schmautz Z., Graber A., Mathis A., Bulc T. G., Junge R. Tomato Production In Aquaponic System: Mass Balance And Nutrient Recycling. *Aquac. Eur.* 2015. **12.** Rafiee G., Saad C. R. Nutrient Cycle and Sludge Production during Different Stages of Red Tilapia (*Oreochromis Sp.*) Growth in a Recirculating Aquaculture System. *Aquaculture*. 2005. № 244. P. 109–118. **13.** Rakocy J. E., Masser M. P., Losordo T. M. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. *Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture*. SRAC : Stoneville, MS, USA, 2006. P. 236–247. **14.** Khalil S. Growth performance, nutrients and microbial dynamic in aquaponics systems as affected by water temperature. *Eur. J. Hortic. Sci.* 2018. Vol. 83. P. 388–394. **15.** Yang T., Kim H.-J. Characterizing Nutrient Composition and Concentration in Tomato-, Basil-, and Lettuce-Based Aquaponic and Hydroponic Systems. *Water*. 2020. Vol. 12. P. 1259. **16.** Lennard W. A. and B. V. Leonard. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. *Aquaculture Intl.* 2004. Vol. 12. P. 539–553.
-



**Maiboroda Kh. A., Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **GROWING OF LEAF LETTUCE IN AQUAPONICS SYSTEM WITH CLARIUM CATFISH**

**Aquaponics is a combined system of symbiotic cultivation of aquatic organisms and plants in which aquaculture wastewater undergoes microbial transformations that are used as a source of nutrients for plant growth, while nutrient uptake by plants regenerates the water for aquaculture [1]. Using the natural life processes of freshwater animals, such as fish and shrimp, serves as a nutrient medium for growing plants. In the process of growth, plants consume the necessary products of the secretions of these organisms – chemical substances (nitrogenous, potassium, phosphorous compounds, carbon dioxide, etc.) dissolved in water, and at the same time naturally purify water and enrich it with oxygen [2].**

**However, we hypothesized that the feed itself can provide plant growth, and symbiosis with fish in aquaponics creates an additional beneficial effect on plant development. This relationship between fish and plants helps to increase the efficiency of the system, because the waste of the fish's life activity serves as a natural fertilizer for the plants, which ensures their growth.**

**In this study, we grew lettuce, namely the cultivar Batavia Aficion (*lactuca sativa batavia aficion*) in an aquaponic system with *Clarias gariepinus* and added equal amounts of feed containing N and P to test the hypothesis.**

**Lettuce plants grown aquaponically grew vigorously for up to 3 weeks and contained constant levels of nitrogen, these results suggest that catfish promote faster decomposition of feed.**

**The yield of lettuce was 2.8 kg/m<sup>2</sup>. Water monitoring in the aquaponic system showed low concentrations of nitrates, phosphorus (P), potassium (K) and magnesium (Mg), but the proportion of mineral nutrients and pH levels remained stable throughout the lettuce growing period. The electrical conductivity (EC) values recorded in this study ranged from 1.5 to 1.7 S/m due to the low rate of water exchange, which promoted greater plant growth and ion accumulation in the solution.**

**Thanks to the continuous recirculation of water, the conditions in the aquaponic system become satisfactory for growing plants. This approach ensures constant access to nutrients and maintains the stability of the water environment, which promotes optimal plant growth.**

***Keywords:* aquaponics; lettuce; clary catfish; productivity; water monitoring.**

**Максютов А. О., к.пед.н., доцент** (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua), **Брежицька О. А., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.a.breguscka@nuwm.edu.ua), **Скиба В. П., к.с.-г.н., доцент** (Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, skiff\_vika@ukr.net)

### **ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВНИХ МАТЕРІАЛІВ**

У статті проаналізовано основні переваги використання енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів.

В результаті проведених досліджень, доведено, що в сучасних складних економічних умовах, підвищення ефективності роботи деревообробних виробництв, коефіцієнта використання деревини місцевих і привізних порід та охорона навколишнього середовища є актуальними завданнями. У зв'язку з цим виникає необхідність аналізу існуючих і розробки концептуально нових енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів та організації такого виду робіт.

Встановлено, що все більшого поширення набувають способи отримання теплової енергії за рахунок термічної переробки відходів деревообробної промисловості.

Доведено, що основним недоліком процесу термічної переробки деревних матеріалів є те, що не забезпечується екологічна чистота цього процесу, оскільки при згорянні відходів, забруднених різними полімерними включеннями, відбувається виділення з газами в атмосферу різних токсичних і високотоксичних речовин. Все це призводить до необхідності розробки та впровадження дорого вартісних систем газоочищення.

*Ключові слова:* технології виробництва; деревні матеріали; коефіцієнт використання деревини; термічна обробка; деревообробна промисловість; лісові ресурси; географія світового

## **господарства; екологічна безпека; дослідно-промислові роботи.**

**Постановка проблеми.** Раціональне природокористування та екологічна безпека технологічних процесів – пріоритетний напрям розвитку економіки України, що зумовлює необхідність розробки енерго- та ресурсозберігаючих технологій усіх галузей промисловості. Деревообробна промисловість не є виключенням, адже вона є важливою галуззю лісового комплексу. Підприємства деревообробної промисловості виготовляють головним чином товари споживання, однак значна частина її відходів використовується для одержання теплової та електричної енергії.

Україна має досить великі лісові ресурси (загальна площа лісового фонду України становить – 10,4 млн га, із яких вкритих лісовою рослинністю – 9,6 млн га). Отже, підвищення ефективності деревообробних виробництв, коефіцієнта використання деревини місцевих і привізних порід та охорона навколишнього середовища є актуальними завданнями. Нині потрібна вдоскоалена та екологічно чиста технологія переробки деревини, що дозволить переглянути питання використання деревини, у тому числі низькосортної, для потреб меблевого, паперового та інших виробництв.

З огляду на зростаючі масштаби виробничої діяльності і пов'язаного з цим катастрофічного рівня техногенного навантаження на довкілля охорона довкілля останніми роками стала однією з найважливіших проблем людства. Вирішення цієї проблеми безпосередньо залежить від розробки безвідходних та енергозберігаючих технологій. Але на сучасному етапі людство не має достатніх ресурсів для закриття існуючих виробництв та переходу лише на безвідходні технології. Тому сьогодні найбільш поширеним методом вирішення проблеми захисту довкілля залишається використання у існуючому технологічному процесі ефективного обладнання для переробки відходів. Зусилля провідних вчених спрямовані на вдосконалення очисного обладнання та інтенсифікацію процесу масообміну за рахунок збільшення поверхні контакту фаз та використання інтенсивних гідродинамічних режимів. Такий підхід призводить до збільшення габаритів очисних установок і підвищення енерговитрат, але не зменшує загальної кількості викидів, що утворюються.

Найбільш гостро ця проблема стоїть у питаннях захисту атмосферного повітря, оскільки обсяги парогазових викидів сучасних промислових підприємств становлять сотні тисяч кубічних метрів за годину. Найбільш ефективним є комплексне вдосконалення технологічних процесів з метою скорочення відходів, що утворюються, але ця процедура ускладнена різноманіттям супроводжуючих ці процеси явищ, величезною кількістю реагентів, що беруть участь, відсутністю узагальнених методів розрахунку і схем їх ефективної реалізації.

Таким чином, удосконалення існуючих та створення нових високоефективних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів є актуальним завданням, що має важливе господарське значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз наукових досліджень, присвячених особливостям впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій переробки деревних матеріалів, засвідчує зростання зацікавленості науковців, експертів, політичних і громадських діячів до питань розробки сучасних технологій термічної переробки деревних матеріалів: Черчик Л. [3], Бегун С. [3], Кизим М. [4], Ярошенко І. [4], Хаустова В. [4], Губарева І. [4], Карпук А. [5], Созанський Л.Й. [7], Кривда О.В. [8], Місюра О. [9], Купчак П.М. [10] та інші. Особливу увагу в наукових публікаціях присвячено розгляду технологій, що використовуються деревообробною промисловістю та впровадженню механізму сучасних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів.

**Мета і завдання досліджень.** Розглянути особливості функціонування, організації та експлуатації енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів.

Визначити практичне значення використання енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів.

Виявити та охарактеризувати перспективи і передумови створення новітніх енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів в Україні.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Науково-технічний прогрес і пов'язані з ним величезні масштаби виробничої діяльності призвели не тільки до великих позитивних перетворень у світі, але і

до різкого погіршення стану навколишнього середовища. Посилення техногенного впливу на довкілля породило низку екологічних проблем, пов'язаних зі станом атмосфери, гідросфери та літосфери.

Будь-який об'єкт промислового виробництва у своїй «еволюції» проходить три основні стадії: сировина (основні та допоміжні матеріали), власне виробництво та готова продукція. Більшість операцій підготовки вихідної сировини та матеріалів до здійснення технологічного процесу у найбільш ефективній формі виробництва (очищення, збагачення тощо) та операцій, що становлять технологічний процес, пов'язані з утворенням різних відходів. Використання готової продукції може супроводжуватися утворенням шкідливих речовин, а після закінчення терміну експлуатації продукції потрібна її утилізація або вторинна переробка.

Основним напрямом охорони навколишнього середовища від забруднення промисловими відходами деревообробних виробництв має стати розробка та впровадження маловідходних, безвідходних енерго- і ресурсозберігаючих технологічних виробництв. Однак завдання створення енерго- і ресурсозберігаючих технологій – стратегічне та розраховане на тривалий період. Скорочення ж відходів існуючого деревопереробного виробництва – найгостріша проблема сьогодення, найпоширенішим методом вирішення цієї проблеми залишається розробка ефективних очисних установок для переробки газоподібних, рідких та твердих відходів [10].

Визначення пріоритетного напрямку охорони навколишнього середовища дуже умовне, але все ж таки з низки причин необхідно віддати перевагу проблемі захисту атмосферного повітря. По-перше, атмосфера – захисний шар Землі, цілісність якого визначає стан людства та саме існування життя на нашій планеті. По-друге, повітряні потоки, опади та інші атмосферні явища «не визнають» державних кордонів. По-третє, саме через атмосферу замикається кругообіг більшості шкідливих речовин, незалежно від агрегатного стану викидів.

Хімічною переробкою деревини займається целюлозно-паперова, гідролізна, лісохімічна промисловість. Целюлозно-паперова промисловість належить до провідних галузей господарства, оскільки Україна має у своєму розпорядженні значні лісосировинні ресурси. Продукцією целюлозно-паперової промисловості є різні види волокнистих напівфабрикатів (у тому

числі сульфїтна та сульфатна целюлоза), папір, картон та вироби з них. Побічні продукти галузі: кормові дріжджі, канїфоль, скипидар, жирні кислоти та інше [4, С. 476].

Підприємства целюлозно-паперової, гідролїзної та лісохімічної промисловості є одними із наймасштабніших за величиною токсичних викидів в атмосферу і гідросферу. Крім того, характерною рисою українських промислових підприємств є застаріле обладнання та технологічні процеси. У зв'язку з цим галузь відрізняється великою відходністю, мізерністю засобів очищення та нейтралізації токсичних викидів та скидів, застосуванням на виробництві небезпечних хімічних речовин, наявністю підприємств, що спричиняють шкідливий вплив як на персонал, так і на довкілля.

В останні роки звертається особлива увага на здійснення комплексу заходів, спрямованих на охорону довкілля. Зокрема, вводяться в експлуатацію складні системи газоочищення, очисні споруди, впроваджується обігове водокористування та безстічна технологія.

У технологічних процесах целюлозно-паперових, гідролїзних та лісохімічних виробництв поряд з цільовими утворюються побічні продукти, що представляють практично всі класи органічних та безліч неорганічних речовин. Якщо не вживаються належні заходи щодо очищення промислових викидів, то непоправна шкода завдається не тільки навколишньому середовищу, а й здоров'ю людини.

Для недопущення забруднення водойм та повітряного басейну слід використовувати технологічні методи, в основі яких лежить: удосконалення основних технологічних процесів з метою мінімізації викидів шкідливих речовин; рекуперація та регенерація цінних хімікатів із промислових викидів; утилізація цінних продуктів із промислових викидів; створення замкнутих систем водокористування.

Утилізація первинних відходів, що утворюються безпосередньо в результаті проведення основних технологічних процесів, і вторинних, що утворюються при переробці відходів у системах рекуперації, регенерації та санітарної очистки промислових викидів, створює технічні передумови для організації та впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій виробництв [1, С. 33].

Серед підприємств хімічної переробки деревних матеріалів основними джерелами забруднення атмосфери є целюлозно-паперові комбінати, гідролізні заводи, підприємства лісохімії, теплові станції, що працюють на відходах деревообробки. Кожне із цих джерел виділяє велику кількість специфічних токсичних речовин. За останні десятиліття в нашій країні та за кордоном було виконано багато робіт із дослідження виробничих викидів. Хоча інформація, що наводиться в науково-технічній літературі, далеко не повністю охоплює всі технологічні процеси і часто не враховує їх динаміки, вона цілком може бути використана для аналізу викидів. Викиди в атмосферу розрізняють за їхнім виглядом, складом, концентрацією, кількістю, агрегатним станом, характером прояву в атмосфері, впливом на біосферу, за цінностями компонентів та багатьма іншими ознаками.

Все більшого поширення набувають способи отримання теплової енергії за рахунок термічної переробки відходів деревообробної промисловості. Але навіть при спалюванні такого, як прийнято вважати, «екологічно чистого» палива, як деревина, з димовими газами в атмосферу потрапляє ціла гама токсичних компонентів, що є трифазною системою, що складається з суміші газів, рідини і твердих частинок. За певних умов можливі міжфазні взаємодії компонентів димових газів, перехід речовин з однієї фази в іншу, а також зміна їхніх агрегатних станів. Склад димових газів, що утворюються при спалюванні, надзвичайно складний, і залежно від виду спалюваних відходів може включати велику кількість токсичних речовин. Так, виробництво паперу та плитних матеріалів, що широко використовуються для виготовлення меблів, пов'язане з виділенням в атмосферу великої кількості різноманітних летких токсичних речовин. Вміст їх у викидах обумовлено застосуванням у технологічному процесі полімерних матеріалів, що містять деяку кількість мономерів, та лакофарбових матеріалів. Основними джерелами забруднення атмосфери у технології обробки поверхонь є просочувальні лінії, лакофарбувальні машини, апарати конвекційного сушіння, фарбувальні камери тощо [5, С. 181].

Серед деревопереробних підприємств з різноманітності викидів помітно виділяються підприємства хімічної переробки деревини, що пояснюється різноманітністю технологічних процесів, сировини та реагентів, широким асортиментом готової продукції. Істотно



впливають характер викидів та особливості хімічної технології: наявність періодичних процесів, застосування високих температур і тисків, а також недостатня ефективність існуючих методів уловлювання викидів, що утворюються. Так, на більшості підприємств з виробництва паперу при варінні целюлози та на наступній стадії її вивантаження відбувається бурхливе закипання суміші з виділенням токсичних газів, що потрапляють у виробниче приміщення та атмосферу. При виготовленні виробів екструзією або за допомогою прес-форм утворюються газоподібні викиди у вигляді парів кислот, фенолу тощо.

В цей час у світовій промисловій практиці використовуються десятки різних пристроїв та технологічних схем термічної переробки деревини, конструктивні особливості яких визначаються вимогами до охорони навколишнього середовища.

Термохімічні методи обробки деревини поділяються на 4 основні напрямки: спалювання, піроліз, газифікація, термодифікація. Ці процеси, хоча і відрізняються один від одного тільки кількістю кисню, що вводиться в камеру термічної переробки і температурою, що утворюється при цьому, але мають різне апаратне оформлення і є дуже складними явищами, що включають безліч пов'язаних між собою фізико-механічних і хімічних процесів, таких як: тепло масообмін, фазові переходи, процеси перенесення в газових сумішах, що реагують, і рух середовища. При цьому хімічні процеси є реакціями, що складаються з цілого ряду елементарних взаємодій.

Процес горіння можна охарактеризувати як нестационарний турбулентний тепломасообмін за наявності динамічних джерел тепла та речовини.

Термохімічне розкладання деревини – складний процес, що включає реакції деструкції та синтезу компонентів деревного комплексу. Розпад деревини спостерігається вже за порівняно низьких температур у процесі сушіння технологічної деревини, пресування тощо. Тому важливо мати уявлення про хімічні перетворення деревини за температур, що передують екзотермічному розкладанню.

Викиди, що утворюються при неповному згоранні, можуть бути спричинені: – неправильним змішуванням повітря та палива в паливній камері, внаслідок чого утворюються локальні зони з нестачею повітря;

- недостатньою кількістю кисню;
- низькою температура горіння;
- недостатнім часом перебування в камері згорання [8, С. 235].

Горіння біомаси є складним процесом з багатьма змінними, які прямо чи опосередковано впливають на рівні викидів та ефективність використання енергії.

Теплообмін може здійснюватися за допомогою передачі, конвекції та випромінювання теплоти. Для забезпечення низького рівня викидів при неповному згоранні палива необхідно мінімізувати втрати тепла в камері за допомогою оптимізації змінних характеристик, що мають прямий вплив на механізми теплопередачі. Значна кількість теплоти акумулюється на стінках камери згорання, що забирає теплоту з об'єму камери згорання на початковому етапі процесу горіння. Цей процес відіграє особливо важливу роль при спалюванні біомаси в установках малої потужності. Температура камери може бути значно підвищена шляхом попереднього підігріву повітря. Повітря, що подається, може бути попередньо підігрите за допомогою теплообміну з газом після випуску останнього з камери.

Значення рівня вологості є однією з найважливіших характеристик палива. В установках періодичної дії вміст вологи безперервно змінюється залежно від ступеня вигорання палива. Волога вивільняється на етапі виходу летких речовин і її вміст зменшується в міру вигорання палива. Тому негативний вплив рівня вологості на процес горіння може бути значним на перших етапах фази виходу летких речовин, що може призводити до підвищення викидів від неповного згорання палива. Чим вищий коефіцієнт корисної дії топкових пристроїв, тим нижчі викиди топкових речовин в атмосферу.

Ефективним заходом підвищення ефективності установки спалювання є зниження вмісту надлишкового кисню в топковому газі. Існує два технологічні варіанти зниження коефіцієнта надлишку повітря з одночасним забезпеченням повного згорання палива. Одним з таких варіантів є встановлення кисневого датчика, з'єданого з датчиком окису вуглецю в потоці газу на виході з котла, з метою оптимізації подачі вторинного повітря.

Другий варіант передбачає підвищення якості змішування газу з повітрям топки. Шляхом зниження концентрації надлишкового кисню в топковому газі знижується обсяг газу, що дозволяє

зменшити розміри котлоагрегатів і скрубєрів топкового газу. При цьому необхідно забезпечити зниження концентрації надлишкового кисню в топковому газі, що супроводжувалося підвищенням температури горіння, а це передбачає використання ефективної системи контролю температури в топці.

Найбільш ефективним та у багатьох випадках економічно виправданим методом утилізації енергії топкового газу є метод його конденсації. Крім того, що цей процес має високий потенціал утилізації енергії (до 20% від спожитої енергії паливної біомаси), він також забезпечує високий ступінь осадження пилу (40–75%) і дозволяє запобігти конденсації топкового газу на поверхні димової труби при температурі докілья до  $-10^{\circ}\text{C}$  [6].

Основний недолік процесу спалювання в тому, що не забезпечується екологічна чистота процесу, оскільки при згорянні відходів, забруднених різними полімерними включеннями, відбувається виділення з газами в атмосферу різних токсичних і високотоксичних речовин. Все це призводить до необхідності впровадження дороговартісних систем газоочищення.

У процесі піролізу виділяється окис і двоокис вуглецю, газоподібні вуглеводні (граничні та ненасичені), водень, вода (не тільки волога деревини, а й продукт хімічного розпаду її компонентів), кислоти (мурашина, оцтова і в невеликій кількості вищі кислоти того ж ряду), метанол, кетони, ефіри тощо. Усі ці речовини виділяються у формі парогазової суміші, також у краплинній фазі (у формі туману) перебувають і смолисті речовини [7, С. 47].

Ці смолисті речовини за ознакою розчинності у водному конденсаті з парогазової суміші поділяються на розчинну та відстійну смоли. Розчинна частина в основному складається з уламків целюлози та геміцелюлози вуглеводного та вуглеводневого характеру, але містить і найпростіші феноли. Відстійна смола виходить головним чином за рахунок розпаду лігніну та містить речовини фенольного характеру, нейтральні сполуки різної структури та кислоти.

Темпи виділення різних компонентів є різними. Першими виділяються ті речовини, які утворюються за рахунок відщеплення бічних ланцюгів полімерів деревини та розпаду термічно неміцних її компонентів. В останню чергу руйнується лігнін. Розпад має характер ланцюга перетворень. Процес істотно залежить від початкової

вологості, яка змінюється від 75% для щойно доставленої деревини, до 15% для повітряно-сухої деревини.

Газифікація є високотемпературним термохімічним процесом взаємодії органічної маси з газифікуючими агентами, в результаті чого утворюються горючі гази.

Залежно від розташування місця подачі повітря та місця виходу газу розрізняють три типи газогенераторів:

- газогенератори протиточного процесу газифікації;
- газогенератори прямоточного процесу газифікації;
- газогенератори перехресного процесу газифікації [2].

До недоліків газогенераторів протиточного процесу газифікації відносять погану якість переробки смол, які є відходах. Наявність в генераторному газі великої кількості смол, що не розклалися, робить його непридатним для використання в пальникових пристроях, оскільки при охолодженні газу смоли конденсуються в газошляхах, порушуючи тим самим їхню роботу.

Переробляти смоли, які є у відходах, здатний газогенератор прямоточного типу. В газогенераторі цього типу повітря подається в його середню частину, в якій відбувається процес горіння. Гази, що утворюються при цьому, відводяться знизу. Таким чином, активна зона займає частину газогенератора від місця підведення повітря до газовідвідних патрубків. Зона сухої перегонки (піролізу) і зона підсушування розташовуються, як і в першому випадку, вище активної зони і обігріваються теплом, що випромінюється зоною горіння. Однак пари води та леткі речовини не можуть вийти з газогенератора, минаючи зони горіння та відновлення. Проходячи через зону горіння, що має високу температуру, продукти сухої перегонки розкладаються, в результаті чого кількість смол в газі значно зменшується [3, С. 102].

При перехресному процесі газифікації повітряне дуття подається збоку в нижній частині газогенератора, а парогазова суміш, що утворюється (генераторний газ) відводиться через відвідну решітку з протилежного боку. Активна зона зосереджена на невеликому просторі між механізмом подачі газу та газовідвідними ґратами. Над активною зоною розташовуються зона сухої перегонки, і вище – зона підсушування палива. Однак цей газогенератор, як і газифікатор протиточного типу, непридатний для газифікації відходів з великим вмістом летючих речовин та смол, оскільки не може

забезпечити утворення безсмольного газу.

Генераторні гази, одержувані в генераторах, що працюють за прямоточним процесом газифікації, мають ширші можливості безпосереднього енергетичного та технологічного використання, ніж генераторні гази, одержувані в результаті протиточного процесу. Цей процес супроводжується меншою кількістю активних і шкідливих домішок в генераторних газах прямоточного процесу, оскільки більшість цих домішок термічно розкладається під впливом високих температур під час проходження через зону горіння і газифікації. Крім того, частина решти термостійких домішок збирається на поверхні частинок золи та шлаків, що утворюються з мінеральної частини вихідного твердого палива [9].

Численні порівняльні аналізи хімічного складу генераторних газів протиточних і прямоточних процесів газифікації на деревному паливі показали, що вміст парів піролізних смол, оцтової кислоти, фенолу та інших шкідливих та хімічно активних домішок у генераторному газі прямоточного процесу в сотні разів менший протиточного процесу. Ця перевага дозволяє значно спрощувати технологічні схеми використання генераторних газів, зменшувати кількість обладнання для додаткового очищення одержуваних газів від агресивних домішок та смол, а отже, це дає змогу транспортувати гази, що одержуються в результаті прямоточного процесу газифікації, трубопроводами на значно більші відстані, ніж гази, одержувані в результаті протиточного процесу газифікації.

Отже, зі збільшенням масштабів використання продукції деревообробної промисловості та пов'язаною із цим процесом інтенсифікацією забруднення навколишнього середовища, доцільною є розробка не швидких та ефективних способів захисту від забруднення, а технологій попередження шкідливого впливу забруднювачів повітря, які включають в себе сучасні енергошок- і ресурсозберігаючі технології термічної обробки сировини. Надзвичайно актуальною ця проблема є в деревообробній промисловості, особливо під час термічної обробки деревини.

**Висновки.** Таким чином, на основі вищевикладеного можна зробити висновок, що на сьогоднішній день розробка та впровадження сучасних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної обробки деревини є нагальною проблемою, що стоїть перед деревообробною промисловістю України.

Отже, розвиток деревообробної промисловості в сучасних умовах вимагає гнучкості, інноваційності та вміння адаптуватися до нових умов. Водночас деревообробна промисловість повинна виконувати важливу функцію в забезпеченні потреб господарського комплексу, промисловості, потреб населення та сприяти відновленню економічного потенціалу нашої країни із врахуванням та мінімізацією негативного впливу на оточуюче середовище.

Розглядаючи питання впровадження та використання сучасних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної обробки деревини можна стверджувати, що в сучасних складних економічних умовах, підвищення ефективності роботи деревообробних виробництв, коефіцієнта використання деревини та охорона навколишнього середовища є актуальними завданнями.

Доведено, що основним недоліком процесу термічної переробки деревинним матеріалів є те, що не забезпечується екологічна чистота цього процесу, так як при згорянні відходів, забруднених різними полімерними включеннями, відбувається виділення з газами в атмосферу різних токсичних і високотоксичних речовин. Все це призводить до необхідності розробки та впровадження дороговартісних енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної обробки деревини.

**1.** Невар О. В. Особливості розвитку деревообробної промисловості в Україні та її регіонах. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені Гжицького. Сер. Економічні науки.* 2022. № 100. Т. 24. С. 33–39. **2.** Гайда Ю. І., Кузик І. В. Лісопромисловий комплекс України: сучасний стан та домінанти розвитку. *Ефективна економіка.* 2021. № 3. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=8735> (дата звернення: 28.08.2024). **3.** Черчик Л., Бегун С. Статистичне дослідження експорту деревини в Україні. *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.* 2018. № 3. С. 102–109. **4.** Кизим О. М., Ярошенко І. В., Хаустова В. Є., Губарева І. О. Формування стратегічних пріоритетів розвитку лісопромислового комплексу України : монографія. Харків : ФОРМ ЛІБІУРКІНА Л.М., 2019. 476 с. **5.** Карпук А. І. Стан і тенденції розвитку лісокористування в Україні. *Вісник Хмельницького національного університету.* 2012. № 1. С. 181–185. **6.** Публічний звіт державного агентства лісових ресурсів України за 2023 рік. URL: [https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2022/zvit\\_2023/lis-zvit-2023-pdf.pdf](https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2022/zvit_2023/lis-zvit-2023-pdf.pdf) (дата звернення: 27.08.2024). **7.** Созанський Л. Й. Порівняльна оцінка міжсекторальних зв'язків деревообробної

промисловості України та окремих країн ЄС. *Статистика України*. 2019. № 3. С. 47–55. **8.** Кривда О. В., Очеретяна О. В. Аналіз та методика управління ризиками на підприємствах деревообробної промисловості. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2020. Вип. 2 (25). С. 235–240. **9.** Місюра О. Деревообробна галузь в умовах війни: проблеми та шляхи вирішення. *Економічна правда*. 15 квітня 2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/15/685777/> (дата звернення: 16.08.2024). **10.** Купчак П. М. Перспективи розвитку деревообробної промисловості в Україні. *Ефективна економіка*. 2014. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3556> (дата звернення: 21.08.2024).

## REFERENCES:

**1.** Nevar O. V. Osoblyvosti rozvytku derevoobrobnoi promyslovosti v Ukraini ta yii rehionakh. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni Gzhytskoho. Ser. Ekonomichni nauky*. 2022. № 100. Т. 24. С. 33–39. **2.** Haida Yu. I., Kuzyk I. V. Lisopromyslovyi kompleks Ukrainy: suchasnyi stan ta dominanty rozvytku. *Efektivna ekonomika*. 2021. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8735> (data zvernennia: 28.08.2024). **3.** Cherchuk L., Behun S. Statystychnе doslidzhennia eksportu derevyny v Ukraini. *Ekonomichnyi chasopys Skhidnoevropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky*. 2018. № 3. С. 102–109. **4.** Kyzym O. M., Yaroshenko I. V., Khaustova V. Ye., Hubarieva I. O. Formuvannia stratehichnykh priorytetiv rozvytku lisopromyslovoho kompleksu Ukrainy : monohrafiia. Kharkiv : FOP Liburkina L.M., 2019. 476 s. **5.** Karpuk A. I. Stan i tendentsii rozvytku lisokorystuvannia v Ukraini. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. 2012. № 1. С. 181–185. **6.** Publichnyi zvit derzhavnoho ahentstva lisovykh resursiv Ukrainy za 2023 rik. URL: [https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2022/zvit\\_2023/lis-zvit-2023-pdf.pdf](https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2022/zvit_2023/lis-zvit-2023-pdf.pdf) (data zvernennia: 27.08.2024). **7.** Sozanskyi L. Y. Porivnialna otsinka mizhsektoralnykh zviatkiv derevoobrobnoi promyslovosti Ukrainy ta okremykh krain YeS. *Statystyka Ukrainy*. 2019. № 3. С. 47–55. **8.** Kryvda O. V., Ocheretiana O. V. Analiz ta metodyka upravlinnia ryzykamy na pidpriemstvakh derevoobrobnoi promyslovosti. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia*. 2020. Vyp. 2 (25). С. 235–240. **9.** Misiura O. Derevoobrobna haluz v umovakh viiny: problemy ta shliakhy vyrishennia. *Ekonomichna pravda*. 15 kvitnia 2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/15/685777/> (data zvernennia: 16.08.2024). **10.** Kupchak P. M. Perspektyvy rozvytku derevoobrobnoi promyslovosti v Ukraini. *Efektivna ekonomika*. 2014. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3556> (data zvernennia: 21.08.2024).

**Maksiutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region), **Brezhytska L. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Skyba V. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia)

## **USE OF ENERGY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF THERMAL PROCESSING OF WOODEN MATERIALS**

The article analyzes the main advantages of using energy- and resource-saving technologies of thermal processing of wood materials.

As a result of the conducted research, it has been proven that in today's difficult economic conditions, increasing the efficiency of woodworking industries, the ratio of the use of local and imported wood, and environmental protection are urgent tasks. In this regard, there is a need to analyze existing and develop conceptually new energy and resource-saving technologies for thermal processing of wood materials and organization of this type of work.

The development of the woodworking industry in modern conditions requires flexibility, innovation and the ability to adapt to new conditions. At the same time, the woodworking industry must perform an important function in providing for the needs of the economic complex, industry, and the needs of the population and contribute to the restoration of the economic potential of our country, taking into account and minimizing the negative impact on the environment.

It has been established that methods of obtaining thermal energy due to the thermal processing of waste from the woodworking industry are becoming more and more widespread.

It has been proven that the main drawback of the process of thermal processing of wooden materials is that the ecological purity of this process is not ensured, since during the combustion of waste contaminated with various polymer inclusions, various toxic and highly toxic substances are emitted into the atmosphere with gases.



**All this leads to the need to develop and implement expensive gas purification systems.**

***Keywords:* production technologies; wood materials; wood utilization rate; heat treatment; woodworking industry; forest resources; geography of the world economy; environmental safety; research and industrial works.**

**Морозова Т. В., к.б.н., доцент, докторант** (Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, tetiana.morozova@ukr.net), **Мудрак О. В., д.с.-г.н., професор, академік АНВШ** (КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», Вінниця, ov\_mudrak@ukr.net)

### **БІОМОНІТОРИНГ АГРОЕКОСИСТЕМ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

Агроекосистеми, завдяки своїй спрощеній структурі та збідненому видовому складу, вимагають постійного моніторингу для забезпечення їхньої стійкості та продуктивності в умовах інтенсивного антропогенного навантаження. Оцінка екологічного стану агроекосистем є критично важливою для виявлення змін, спричинених зовнішніми чинниками, такими як кліматичні зміни, внесення добрив і забруднення компонентів довкілля. Це дослідження зосереджене на використанні біоіндикації як ефективного інструменту оцінки стану агроекосистем, зокрема через морфологічні зміни рослин і флуктуючу асиметрію (ФА).

У контексті глобальних екологічних викликів, таких як зміни клімату і зниження біорізноманіття агросфери, фітомоніторинг виступає ключовим методом для відстеження впливу стресових умов на рослинність. Зокрема, застосування комп'ютерної морфологічної метрії та аналізу екологічної ДНК (eDNA) показує значний потенціал для точного моніторингу рослинності і оцінки біорізноманіття. Результати дослідження свідчать про важливість оптимальних доз мінеральних і органічних добрив та правильного управління агротехнологічними практиками для збереження стабільності розвитку рослин.

Особливу увагу в дослідженні приділено впливу пестицидів, які можуть викликати як летальні, так і сублетальні ефекти на нецільові організми, що підкреслює необхідність постійного моніторингу їхнього впливу. Виявлені атипові фенотипи у модельних організмах, таких як *Drosophila melanogaster*, служать індикаторами підвищеного рівня пестицидів, що є важливим для екологічної безпеки агроекосистем.

Дослідження підкреслює необхідність інтеграції різних

**методів моніторингу для комплексної оцінки стану агроєкосистем, що дозволяє розробити ефективні стратегії для управління їхньою стійкістю та продуктивністю в умовах сучасних екологічних викликів.**

**Ключові слова:** біоіндикація; екологічний моніторинг; агроценози; антропогенне навантаження; фітомоніторинг; компоненти довкілля.

**Постановка проблеми.** Для розробки екологічно безпечних технологій і комплексів обладнання, спрямованих на управління агроєкосистемами в умовах інтенсивного сільськогосподарського виробництва, критично важливо мати детальну інформацію про стан цих систем і тенденції їх розвитку. Біомоніторинг, який ґрунтується на вивченні реакцій живих організмів на зміни в середовищі, є одним з найбільш ефективних підходів для отримання таких даних. Важливим аспектом екологічного моніторингу агроєкосистем є вибір і впровадження методів, які можуть бути застосовані як у польових умовах, так і в лабораторних дослідженнях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Здоров'я ґрунту є критично важливим для стабільного функціонування агроєкосистем і їх продуктивності [1]. Антропогенна діяльність, така як інтенсивна обробка ґрунтів і застосування хімічних добрив і пестицидів, може призводити до деградації ґрунтових екосистем, зниження врожайності і погіршення екосистемних послуг [2]. Враховуючи ці чинники, ефективний моніторинг здоров'я ґрунту є необхідним для збереження агроєкосистем.

Традиційні методи оцінки здоров'я ґрунту переважно зосереджені на визначенні хімічних забруднювачів, як-от важкі метали і пестициди [3; 4], а також радіаційного забруднення, однак ці методи не завжди враховують вплив цих речовин на ґрунтову біоту. Ґрунтова біота, включаючи мікроорганізми, гриби, нематоди і безхребетних, виконує важливі екологічні функції, такі як колообіг поживних речовин і стабілізація структури ґрунту. Інтеграція біоіндикаторів у систему моніторингу дає можливість отримати більш комплексну оцінку стану агроєкосистем [5]. Методи статистичної та математичної обробки даних у поєднанні з геоінформаційними системами (ГІС) дозволяють відображати загальні тенденції просторової прив'язки екологічних даних, але не завжди

забезпечують детальний аналіз.

Перспективним підходом для оцінки стану біоти в агроекосистемах є використання фітоморфологічних показників асиметрії із застосуванням фрактального аналізу. Цей метод дозволяє досліджувати складні геометричні форми і структури, які демонструють самоподібність на різних масштабах [6]. У контексті біоіндикації фрактальний аналіз є ефективним інструментом для вивчення структурної асиметрії в екосистемах, моделювання екологічних процесів та виявлення просторових асиметрій у розподілі забруднювачів або угруповань видів. Фрактальний аналіз надає можливість оцінювати асиметрію в екологічних даних, таких як просторові патерни, структурні характеристики середовища та динаміка забруднення [7]. Це особливо корисно для виявлення нерівномірного розподілу забруднювачів або асиметрії у видовому різноманітті та структурі рослинного покриву. Наприклад, аналіз асиметрії листків берези, що базується на вивченні їхньої геометричної структури, може надати важливу інформацію про вплив екологічних чинників на форму і структуру листків.

Біотичний моніторинг, що включає визначення стану видів агробіорізноманіття – ендеміків, реліктів, вразливих, рідкісних, зникаючих рослин і тварин, що проживають в агроландшафтах – також підкреслює необхідність впровадження біомоніторингу як важливої складової екологічного моніторингу агросфери [8].

Інтеграція біологічних показників якості ґрунтів у систему моніторингу дозволяє точніше оцінювати їхній стан. Біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів може слугувати індикатором екологічних змін, зокрема процесів колообігу поживних речовин [9]. Таким чином, запровадження комплексних методів біомоніторингу є критично важливим для забезпечення стійкого розвитку агроекосистем і підвищення їхньої екологічної безпеки для агросфери загалом.

**Мета і завдання дослідження.** Проаналізувати методи біомоніторингу агроекосистем для оцінки їхнього стану і стійкості в умовах інтенсивного і органічного сільськогосподарського виробництва.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Агроекосистеми, на відміну від природних екосистем, мають спрощену структуру і знижений видовий склад через агрономічні вимоги для підвищення врожайності. Вони залежать від постійного втручання людини, що

робить необхідним регулярний моніторинг для забезпечення їхньої стійкості і продуктивності. Оцінка екологічного стану агроєкосистем є ключовим інструментом для виявлення змін, викликаних зовнішніми чинниками, такими як кліматичні зміни, внесення добрив і забруднення.

Одним із найбільш ефективних методів оцінки є біоіндикація, яка дозволяє встановити взаємозв'язок між змінами в індикаторних організмах і навколишнім середовищем. Наприклад, морфологічні зміни у рослинах можуть свідчити про вплив стресових умов.

В умовах глобальних екологічних викликів, таких як зміни клімату і зниження біорізноманіття, потреба в інноваційних підходах до моніторингу зростає. Фітомоніторинг стає дедалі важливішим інструментом, оскільки рослини є чутливими індикаторами змін клімату та антропогенних впливів. Рослинний покрив надає цінну інформацію про біорізноманіття, стан ґрунтів і функціонування екосистем. Рослини особливо чутливі до змін абіотичних чинників, що робить їх корисними для моніторингу впливу кліматичних змін і діяльності людини. Просторово-часові зміни рослинних угруповань дозволяють оцінити реакції на кліматичні зміни та антропогенне навантаження [10].

Фітомоніторинг агроєкосистем може проводитися як морфологічними, так і молекулярними методами. Морфологічні методи, що ґрунтуються на визначенні видів за зовнішніми ознаками, вимагають високої кваліфікації дослідників і залежать від вегетаційного періоду [11]. Молекулярні методи можуть інтегративно оцінювати стан рослинності та реконструювати історичні зміни біорізноманіття [13–14], що важливо для розуміння довготривалого впливу сільськогосподарської діяльності та змін клімату [15].

Серед перспективних інструментів моніторингу виділяються комп'ютерна морфо-колірна метрія, яка дозволяє точно реєструвати морфологічні та колірні зміни в рослинах, а також аналіз екологічної ДНК (eDNA), який дає змогу ідентифікувати рідкісні види та оцінювати біорізноманіття навіть у ґрунтових системах. Проте цей метод потребує подальшого розвитку для повноцінного використання в агроєкосистемах.

Для комплексної оцінки стану агроєкосистем слід використовувати різні групи біоіндикаторів. Наприклад, стенобіонти, які живуть у вузькому діапазоні екологічних умов, можуть

сигналізувати про короточасні зміни, тоді як еврибіонти, здатні адаптуватися до широкого спектра умов, вони дозволяють оцінювати довготривалі зміни. Поєднання цих підходів забезпечує комплексну оцінку екологічного стану агроєкосистем.

Толерантність організмів до змін екологічних чинників можна оцінювати через фізіологічний (потенційний) та екологічний (реальний) діапазони. Фізіологічний діапазон описує максимальні можливості виживання за певних умов, тоді як екологічний відображає реальну присутність організмів у природі, що часто обмежується взаємодією з іншими чинниками довкілля. За реакцією організмів на ці чинники виділяють чотири типи екологічної присутності, що характеризуються різним розподілом у межах діапазону толерантності. Ці типи є корисними для біомоніторингу, оскільки дозволяють виявити, як організми реагують на зміни екологічних умов.

Біологічні методи моніторингу, на відміну від хімічних і фізичних, не потребують попередньої ідентифікації конкретних забруднювачів і є швидкими й економічно ефективними. Це робить їх важливими інструментами для моніторингу стану агроєкосистем в умовах сучасних екологічних викликів. Зокрема, морфологічні зміни у рослинах, такі як флуктуюча асиметрія, можуть бути надійними показниками стабільності розвитку і екологічних ризиків. Флуктуюча асиметрія є універсальним показником, що сигналізує про порушення розвитку під впливом стресових чинників. Використання показників флуктуючої асиметрії, таких як асиметрія листків або квітів, дозволяє ефективно оцінювати екологічні ризики і розробляти стратегії для підвищення стійкості агроєкосистем.

Дослідження впливу різних доз комплексного добрива на стабільність розвитку *Trifolium pratense* L. показало, що найбільш стабільними ознаками для визначення флуктуючої асиметрії були довжина центральної жилки та параметри бічних листків. Відсутність антисиметрії та спрямованої асиметрії підтверджує нормальний розвиток рослин. Використання добрив у дозі  $N_{30}P_{30}K_{30}$  спричинило найменші відхилення у стабільності розвитку, тоді як контрольні рослини і рослини з підвищеною дозою добрива ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) демонстрували підвищений рівень ФА, що свідчить про зниження стабільності розвитку. Збільшення зеленої маси супроводжувалося зменшенням вмісту нітратного азоту у ґрунті, що ймовірно призвело

до порушення внутрішніх механізмів гомеостазу та зниження стабільності розвитку. Дослідження флуктуючої асиметрії листових пластинок озимої пшениці показало зв'язок між величиною ФА та продуктивністю рослин. Найбільші відхилення були зафіксовані при використанні високих доз мінеральних добрив ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ). У дослідженнях впливу агротехнологічних прийомів на стабільність розвитку картоплі і пшениці було встановлено, що сівозміни з бобовими культурами позитивно впливають на показники стійкості розвитку, що дозволяє використовувати коефіцієнт флуктуючої асиметрії як індикатор якості агротехнологічних практик.

Пестициди, які широко використовуються для боротьби зі шкідниками і запобігання хворобам, можуть мати негативний вплив на нецільові організми, зокрема членистоногих, таких як двокрилі (*Diptera*). Пестициди можуть викликати як летальні, так і сублетальні ефекти на біоту, порушуючи екологічну рівновагу. Зміни клімату, зокрема підвищення температур, можуть посилювати токсичність агрохімікатів, що підкреслює необхідність постійного моніторингу їхнього впливу на навколишнє середовище. Збір матеріалу проводився в садах з різним рівнем обробки пестицидами в межах Прут-Дністровської височини. Як умовний контроль виступали сади без пестицидного навантаження, також вивчалися сади з середнім та високим рівнем пестицидної обробки.

Під час досліджень було виявлено три атипові фенотипи кольору і розмірів тіла *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830: чорне тіло нормальних розмірів (*black*), чорне тіло збільшених розмірів (*ebony*), жовте тіло нормальних розмірів (*yellow*). Також зафіксовано два атипові фенотипи крил: з зазубреним краєм одного крила (*serrate*) або обох крил (*Cut-13*), а також три атипові фенотипи кольору очей: коричнево-червоні (*sepia*), матово-бордові (*rough eye/glass*), блискуче-червоні (*mutation ruby*). Додатково виявлено фенотипи, які не мають відомих мутаційних аналогів, зокрема меланома на черевці і червоний хоботок. Ці специфічні фенотипові зміни можуть слугувати індикаторами підвищеного рівня пестицидів у навколишньому середовищі (рисунок).

Агроєкосистеми, які є результатом інтенсивного втручання людини, потребують постійного моніторингу для забезпечення їхньої стійкості і продуктивності. Біоіндикація, зокрема використання морфологічних і молекулярних методів, є ефективними

інструментами для оцінки змін у таких системах. Фітомоніторинг є важливим для розуміння реакцій рослин на кліматичні і антропогенні зміни. Морфологічні зміни в рослинах, такі як флуктуюча асиметрія (ФА), є корисними показниками екологічних ризиків і змін у довкіллі. Вони допомагають виявити вплив стресових чинників на розвиток рослин і є ефективними для довготривалого моніторингу агроєкосистем.

***Меланома черевця і хоботка***



***Фенокопії крил***



***Фенокопії кольору тіла***



**ebony**

**yellow**

**black**

Рисуюнок. Генотоксичність гербіцидів



Перспективні методи: Комп'ютерна морфо-колірна метрія і аналіз екологічної ДНК (eDNA) є перспективними методами для детального моніторингу рослинності. Вони забезпечують точну інформацію про морфологічні і колірні зміни, а також дозволяють ідентифікувати рідкісні види та оцінювати біорізноманіття.

Вплив різних доз добрив і агротехнологічних прийомів на стабільність розвитку рослин є значним. Результати досліджень показують, що оптимальні дози добрив сприяють стабільності розвитку, тоді як надмірне використання може викликати негативні зміни. Використання пестицидів має потенціал викликати як летальні, так і сублетальні ефекти на нецільові організми. Підвищення температури через зміни клімату може посилювати токсичність агрохімікатів, що вимагає постійного моніторингу для збереження екологічної рівноваги.

Для комплексної оцінки стану агроєкосистем важливо використовувати різні методи моніторингу, включаючи морфологічні показники, флуктуючу асиметрію та аналіз екологічної ДНК. Це забезпечить більш точну оцінку впливу екологічних змін та допоможе в розробці ефективних стратегій для управління агроєкосистемами.

**Висновки.** Біомоніторинг агроєкосистем є ефективним інструментом для оцінки екологічного стану агроландшафтів і сприяє розробці екологічно сталих підходів до їхнього управління. З огляду на динамічний характер аграрних екосистем та зростання антропогенного впливу, біомоніторинг відіграє ключову роль у забезпеченні сталого розвитку сільського господарства.

Основними викликами біомоніторингу агроєкосистем є необхідність створення чутливих і надійних методів для виявлення екологічних змін на ранніх етапах. Важливо також враховувати широкий спектр екологічних і антропогенних чинників, що впливають на функціонування агроєкосистем.

Сучасні перспективи розвитку біомоніторингу включають впровадження новітніх технологій, таких як дистанційне зондування та геоінформаційні системи, які дозволяють масштабувати процеси оцінки екосистем на великі території. Особливий інтерес викликає інтеграція інноваційних методів, таких як аналіз екологічної ДНК (eDNA) та інші біоіндикативні підходи, що можуть суттєво покращити розуміння процесів у рослинних угрупованнях та ґрунтах під впливом

стресових чинників, зумовлених змінами клімату й інтенсивним землекористуванням.

Застосування цих методів дозволить підвищити стійкість агроєкосистем і забезпечити своєчасне реагування на екологічні виклики. Це сприятиме збереженню біорізноманіття та забезпеченню стійкості екосистем, що є критично важливим у контексті глобальних кліматичних змін.

1. Dhananjayan V., Jayanthi P., Jayakumar S., Ravichandran B. Agrochemicals Impact on Ecosystem and Bio-monitoring / In: Kumar S., Meena R. S., Jhariya M. K. (eds). *Resources Use Efficiency in Agriculture*. 2020. Springer, Singapore. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6953-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6953-1_11) (дата звернення: 10.07.2024).
2. Xing K., Lu W., Huang Q. et. al. Soil eDNA biomonitoring reveals changes in multitrophic biodiversity and ecological health of agroecosystems. *Environmental Research*. 2024. Vol. 262 (2). P. 119931 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119931>
3. Bawa U., Ahmad A., Ahmad J. N. and Ezra A. G. Assessment of health risks from consumption of food crops fumigated with metal based pesticides in gwadam, Gombe state, Nigeria Bayero. *Journal of Pure and Applied Sciences* 2021. Vol. 14(1). P. 100–110. DOI: <https://doi.org/10.4314/bajopas.v14i1.1>
4. Liu S., Wu K., Yao Lu et. al. Characteristics and correlation analysis of heavy metal distribution in China's freshwater aquaculture pond sediments. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 931. P. 172909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172909>
5. Морозова Т. В., Ліхо О. А. Емісія CO<sub>2</sub> з ґрунтів під енергетичними культурами. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 2(98). С. 89–103. URL: <http://sur.li/fatarw> (дата звернення: 10.07.2024).
6. Muraleedharan V., Rajan S. C. & Jaishanker R. Determining the limits of traditional box-counting fractal analysis in leaf complexity studies, *Flora*. 2023. Vol. 304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152300>
7. Jahanmiri F. & Parker D. C. An Overview of Fractal Geometry Applied to Urban Planning. *Land*. 2022. Vol. 11. P. 475. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11040475>
8. Мудрак О. В., Морозова Т. В. Застосування мікрокосмів для екологічно аргументованого добору біопаливних культур. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 123–133. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293762>
9. Biswal D. Nematodes as Ghosts of Land Use Past: Elucidating the Roles of Soil Nematode Community Studies as Indicators of Soil Health and Land Management Practices. *Appl Biochem Biotechnol*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-022-03808-9>
10. Steinbauer M. J., Grytnes J.-A., Jurasinski G et. al. Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*. 2018. Vol. 556(7700). P. 231–234. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0005-6>
11. Corona P., Chirici G., McRoberts R. E., Winter S., & Barbati A. Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and

monitoring. *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 262(11). P. 2061–2069. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.044> 12. Beng K. C., & Corlett R. T. Applications of environmental DNA (eDNA) in ecology and conservation: Opportunities, challenges and prospects. *Biodiversity and Conservation*. 2020. Vol. 29(7). P. 2089–2121. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01980-0> 13. Hiiesalu I., Opik M., Metsis et. al. Plant species richness belowground: Higher richness and new patterns revealed by next-generation sequencing. *Molecular Ecology*. 2012. Vol. 21(8). P. 2004–2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05390.x> 14. Ariza M., Fouks B., Mauvisseau Q., Halvorsen R., Alsos I. G. & de Boer H. J. Plantbiodiversity assessment through soil eDNA reflects temporal and local diversity. *Methods in Ecology and Evolution*. 2023. Vol. 14. P. 415–430. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13865> 15. Foucher A., Evrard O., Ficetola G. F. et. al. Persistence of environmental DNA in cultivated soils: Implication of this memory effect for reconstructing the dynamics of land use and cover changes. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10(1). P. 10502. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67452-1>

## REFERENCES:

1. Dhananjayan V., Jayanthi P., Jayakumar S., Ravichandran B. Agrochemicals Impact on Ecosystem and Bio-monitoring / In: Kumar S., Meena R. S., Jhariya M. K. (eds). *Resources Use Efficiency in Agriculture*. 2020. Springer, Singapore. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6953-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6953-1_11) (data zvernennia: 10.07.2024). 2. Xing K., Lu W., Huang Q. et. al. Soil eDNA biomonitoring reveals changes in multitrophic biodiversity and ecological health of agroecosystems. *Environmental Research*. 2024. Vol. 262 (2). P. 119931 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119931> 3. Bawa U., Ahmad A., Ahmad J. N. and Ezra A. G. Assessment of health risks from consumption of food crops fumigated with metal based pesticides in gwadam, Gombe state, Nigeria *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences* 2021. Vol. 14(1). P. 100–110. DOI: <https://doi.org/10.4314/bajopas.v14i1.1> 4. Liu S., Wu K., Yao Lu et. al. Characteristics and correlation analysis of heavy metal distribution in China's freshwater aquaculture pond sediments. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 931. P. 172909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172909> 5. Morozova T. V., Likho O. A. Emisiia SO<sub>2</sub> z gruntiv pid enerhetychnymy kulturamy. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2022. Vyp. 2(98). S. 89–103. URL: <http://surf.li/fatarw> (data zvernennia: 10.07.2024). 6. Muraleedharan V., Rajan S. C. & Jaishanker R. Determining the limits of traditional box-counting fractal analysis in leaf complexity studies. *Flora*. 2023. Vol. 304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152300> 7. Jahanmiri F. & Parker D. C. An Overview of Fractal Geometry Applied to Urban Planning. *Land*. 2022. Vol. 11. P.

475. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11040475> **8.** Mudrak O. V., Morozova T. V. Zastosuvannia mikrokosmiv dlia ekolohichno arhumentovanoho doboru biopalyvnykh kultur. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2023. № 4. S. 123–133. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293762> **9.** Biswal D. Nematodes as Ghosts of Land Use Past: Elucidating the Roles of Soil Nematode Community Studies as Indicators of Soil Health and Land Management Practices. *Appl Biochem Biotechnol*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-022-03808-9>. **10.** Steinbauer M. J., Grytnes J.-A., Jurasinski G et. al. Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*. 2018. Vol. 556(7700). P. 231–234. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0005-6> **11.** Corona P., Chirici G., McRoberts R. E., Winter S., & Barbati A. Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and monitoring. *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 262(11). P. 2061–2069. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.044> **12.** Beng K. C., & Corlett R. T. Applications of environmental DNA (eDNA) in ecology and conservation: Opportunities, challenges and prospects. *Biodiversity and Conservation*. 2020. Vol. 29(7). P. 2089–2121. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01980-0> **13.** Hiiesalu I., Opik M., Metsis et. al. Plant species richness belowground: Higher richness and new patterns revealed by next-generation sequencing. *Molecular Ecology*. 2012. Vol. 21(8). P. 2004–2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05390.x> **14.** Ariza M., Fouks B., Mauvisseau Q., Halvorsen R., Alsos I. G. & de Boer H. J. Plantbiodiversity assessment through soil eDNA reflects temporal and local diversity. *Methods in Ecology and Evolution*. 2023. Vol. 14. P. 415–430. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13865> **15.** Foucher A., Evrard O., Ficetola G. F. et. al. Persistence of environmental DNA in cultivated soils: Implication of this memory effect for reconstructing the dynamics of land use and cover changes. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10(1). P. 10502. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67452-1>

---

**Morozova T. V., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Mudrak O. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine** (Vinnytsia Academy of Continuing Education, Vinnytsia)

### **BIOMONITORING OF AGROECOSYSTEMS: CHALLENGES AND PROSPECTS**

**Agricultural ecosystems, unlike natural ones, have simplified structures and reduced species diversity due to agronomic demands**

**for increased yield. They depend on human intervention, necessitating continuous monitoring to maintain their stability and productivity. Assessing the ecological status of agricultural ecosystems is crucial for identifying changes induced by external factors such as climate change, fertilizer application, and pollution. One of the most effective methods for evaluation is bioindication, which establishes the relationship between changes in indicator organisms and their environment. Specifically, morphological changes in plants can signal the impact of stress conditions.**

**In the context of global challenges such as climate change and decreasing biodiversity, innovative monitoring approaches are increasingly important. Phytomonitoring is becoming a critical tool, as plants are sensitive indicators of climate changes and anthropogenic impacts. Plant cover provides valuable information about biodiversity, soil conditions, and ecosystem functioning. Plants are particularly responsive to abiotic factors, making them useful for monitoring the effects of climate changes and human activities. Spatial and temporal changes in plant communities help assess responses to climatic changes and anthropogenic pressure.**

**Phytomonitoring of agricultural ecosystems can be conducted using both morphological and molecular methods. Morphological methods, based on identifying species by external features, require high researcher expertise and are dependent on the growing season. Molecular methods offer an integrative assessment of vegetation state and reconstruct historical biodiversity changes, which is essential for understanding the long-term effects of agricultural practices and climate changes. Emerging technologies such as computer-based morpho-colorimetric analysis and environmental DNA (eDNA) analysis provide precise monitoring tools for detecting morphological and color changes in plants and identifying rare species, respectively.**

**Comprehensive assessment of agricultural ecosystem status should involve various groups of bioindicators. For example, stenobionts, which thrive in narrow ecological ranges, can indicate short-term changes, while eurybionts, adaptable to a wide range of conditions, help assess long-term trends. Combining these approaches ensures a thorough evaluation of ecological status.**

**Biological monitoring methods, unlike chemical and physical ones, do not require prior identification of specific pollutants and are**

**quick and cost-effective. This makes them valuable for monitoring agricultural ecosystems under contemporary ecological challenges. Special attention in biomonitoring is given to morphological changes in plants. Fluctuating asymmetry (FA), reflecting deviations from symmetry in plant organs, is a reliable indicator of developmental stability and stress impacts. Measuring FA in leaf or flower asymmetry helps assess ecological risks and develop strategies to enhance ecosystem resilience.**

**Research on the impact of various doses of complex fertilizers on the developmental stability of *Trifolium pratense* revealed that central vein length and lateral leaf parameters were the most stable indicators of FA. Optimal fertilizer dose ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) showed minimal deviations, while control plants and those with higher doses ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) demonstrated increased FA, indicating reduced developmental stability. Increased biomass was associated with reduced nitrate nitrogen content in soil, potentially disrupting internal homeostasis and decreasing developmental stability. Studies on fluctuating asymmetry in wheat leaves showed a link between FA and plant productivity, with the highest deviations at high mineral fertilizer doses ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ). Crop rotation with leguminous plants positively affected developmental stability, suggesting FA as an indicator of agronomic practices quality.**

**Pesticides, widely used for pest control in agriculture, can have negative impacts on non-target organisms, affecting ecological balance through various environmental pathways. Climate change further intensifies pesticide toxicity, emphasizing the need for ongoing monitoring. Research on pesticide impacts revealed atypical phenotypes in *Drosophila melanogaster*, such as color and size variations and wing and eye anomalies, indicating elevated pesticide levels in the environment.**

**Keywords: bioindication; environmental monitoring; agroecosystems; pesticides.**

**Фурман В. М., к.с.-г.н., доцент, Мороз О. С., к.с.-г.н., доцент, Люсак А. В., к.т.н., доцент, Слободюк Г. А., магістр 2-го року навчання** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.m.furman@nuwm.edu.ua, o.s.moroz@nuwm.edu.ua, a.v.lusak@nuwm.edu.ua, slobodiuk\_az21@nuwm.edu.ua)

## **ДО ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ**

**Розроблені та впроваджені технології раціонального землекористування, що відіграють вирішальну роль у процесі виробництва продукції, передбачають: оптимізацію структури земельних угідь; оптимізацію структури посівних площ, відповідно до сучасних завдань ведення сільськогосподарського виробництва; осушення заболочених і перезволожених земель; зрошення і обводнення посушливих земель; вапнування кислих ґрунтів; гіпсування та раціональне використання засолених і солонцюватих ґрунтів; розробка і запровадження раціональних ґрунтозахисних систем землеробства; раціональний обробіток ґрунту на основі збереження і перерозподілу рослинних решток сільськогосподарських культур; створення умов раціонального використання природних кормових угідь; підвищення продуктивності порушених земель.**

**Розглянуті питання вибору технологій раціонального землекористування після закінчення бойових дій. Наведено пропозиції щодо особливостей розробки елементів систем землеробства на таких землях, зокрема по схемах сівозмін, системах обробітку ґрунту, удобренню та хімічних меліораціях, використанню мікробіологічних препаратів та проведенню культур-технічних робіт.**

**Правильно підібрані та обґрунтовані технології раціонального землекористування в сучасних умовах повинні забезпечувати: здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у сфері агрономії, що передбачає проведення досліджень та здійснення інновацій, що характеризується комплексністю умов; створювати нові технології та застосовувати сучасні технології агрономії, враховуючи їх**

**особливості та користуючись передовим досвідом їх впровадження розробляючи наукові основи технологій вирощування сільськогосподарських культур; розробляти та реалізовувати проекти екологічно безпечних прийомів та технологій виробництва високоякісної продукції рослинництва з урахуванням особливостей агроландшафтів та економічної ефективності; вміти реалізовувати розроблені технології раціонального землекористування в сфері агрономії для збереження та відтворення родючості ґрунтів.**

**Ключові слова:** технології; раціональне землекористування; елементи системи землеробства; культуртехнічні роботи; точне землеробство; повоєнний період.

**Постановка проблеми** Проблема раціонального землекористування і можливості освоєння малопродуктивних земель тісно пов'язана з проблемою забезпечення населення Землі необхідною кількістю продовольства. У зв'язку з цим пріоритетними стають завдання збереження продуктивності сільськогосподарських земель, оптимізації посівних площ за кількісними і якісними характеристиками. Вирішення цих завдань пов'язано з удосконаленням та розвитком технологій раціонального землекористування і охорони земель, а також створення ефективних організаційно-правових механізмів управління сільськогосподарськими землями.

На сьогодні у всьому світі відбувається стрімкий розвиток технологій раціонального землекористування. Все більше фахівців вважають, що ці технології відіграють вирішальну роль у процесі виробництва продукції.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Гострими є проблеми землекористування і в Україні, що зумовлено високим рівнем господарського використання території, значною її розораністю, надзвичайно високою інтенсивністю ерозійних процесів (водній і вітровій ерозії піддається близько 15 млн га с/г угідь, а щорічний приріст еродованих земель становить понад 80 тис. га) [1, С. 210].

Раціональне землекористування передбачає одержання сталих високих урожаїв вирощуваних культур за умов зменшення витрат на одиницю продукції, збереження і примноження продуктивної сили землі як найважливішого аграрного виробничого ресурсу [2].



Забезпечення раціонального землекористування на основі його екологізації, охорони земель і захисту ґрунтів від деградації, збереження та відтворення їх родючості є головним стратегічним завданням у сфері сільськогосподарського землекористування [3].

Проблемам формування ефективного раціонального землекористування, зокрема його еколого-економічним аспектам приділяли значну увагу вчені: О. М. Бородіна, О. Ф. Балацький, І. К. Бистряков, Г. Д. Гуцуляк, А. Я. Сохнич, З. Ф. Бриндзя, М. Г. Ступень, М. А. Хвесик, О. І. Фурдичко, Г. В. Черевко, М. Х. Шершун та інші дослідники.

Але незважаючи на вагомі напрацювання, незадовільний стан сучасного сільськогосподарського землекористування, відсутність чіткої програми його розвитку в процесі земельної реформи свідчить про необхідність подальшого обґрунтування підходів до вирішення поставленої проблеми.

Станом на сьогодні загальна площа с/г земель в Україні становить близько 71% всієї території держави (40% світових запасів чорноземів та інших родючих ґрунтів). Проте ефективність землекористування в нашій країні найнижча в Європі. До того ж ступінь розораності земельної площі складає 53,6% (при гранично допустимому рівні до 40%), також спостерігається порушення екологічно допустимих співвідношень площ ріллі, природних кормових угідь, лісових насаджень. Інтенсифікація землеробства, збільшення навантаження на земельні ресурси, безконтрольне застосування засобів хімізації в умовах низької технологічної культури однозначно призводять до погіршення якості ґрунтів, зниження їх родючості та розвитку ерозійних процесів [4, С. 323].

Зважаючи на перераховані вище проблеми, постає гостра необхідність раціонального використання земель. В нормативних документах «раціональне використання земель» визначається, як забезпечення всіма землекористувачами в процесі виробництва максимального ефекту в здійсненні цілей землекористування з урахуванням охорони земель та оптимальної взаємодії з природними факторами [5, С. 98].

Відомий український вчений П. Ф. Веденичев писав, що під терміном «раціональне використання земельних ресурсів» слід розуміти доцільність, повноту і ступінь ефективності використання земель. Він зазначав, що повнота використання земель визначається

ступенем сільськогосподарської освоєності земельного фонду, і чим вищий показник освоєності земельного фонду, тим раціональніше є використання землі. В радянські часи, така концепція використання земельних ресурсів помилково розглядалася як інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, хоча насправді мав місце протилежний процес – екстенсифікації. Таке використання землі призвело до негативних наслідків, таких як поширення ерозійних процесів, низької продуктивності земель, ущільнення орного шару ґрунту, зниження його родючості, ослаблення стійкості природних ландшафтів, посилення процесів деградації ґрунтового покриву [6].

На сучасному етапі розвитку при дослідженні питання раціонального землекористування більше приділяють уваги поєднанню його економічної та екологічної складових [7, С. 145].

Розкриття змісту поняття «раціонального використання земель сільськогосподарського призначення» потребує обґрунтування його основних принципів. На думку А. Я. Сохнича, в економічній літературі певною мірою вже сформульовано такі принципи, до яких, належать: науково обґрунтований перерозподіл земельних ресурсів за формами власності, галузями, між юридичними та фізичними особами; рівноправність всіх форм власності і господарювання на землі; економічне регулювання раціонального використання і охорони земель (платність землекористування, економічне стимулювання та відшкодування заподіяних землі збитків); цільове використання земель; недоторканість права власності, права користування землею; пріоритет у наданні продуктивних земель для потреб сільського господарства; постійне вдосконалення форм і типів організації і впорядкування території; системний підхід до використання і охорони земельних ресурсів; регіональний підхід тощо [8].

Аналізуючи праці вітчизняних та зарубіжних вчених, у сфері раціонального природокористування та раціонального використання земель, можна сформулювати основні принципи, на яких повинно ґрунтуватися раціональне використання земель сільськогосподарського призначення.

1. Пріоритетність сільськогосподарського використання земель та запобігання необґрунтованого вилучення сільськогосподарських угідь для інших потреб, тобто використання їх лише за цільовим призначенням.

2. Забезпечення економічно ефективного, екологічно збалансованого та науково обґрунтованого використання сільськогосподарських земель.
3. Охорона земель.
4. Врахування природно-кліматичних та економічних умов і властивостей кожної земельної ділянки в процесі сільськогосподарського виробництва.
5. Відтворення та підвищення родючості ґрунтів.
6. Впровадження новітніх ресурсощадних та екологічно безпечних технологій.
7. Зменшення антропогенного навантаження на агроландшафти та природні угіддя в процесі господарювання.
8. Державний контролю та стимулювання раціонального використання та охорони земель, підвищення відповідальності за порушення земельного законодавства.
9. Вдосконалення державного моніторингу стану використання та родючості ґрунтів.
10. Узгодження господарських та суспільних інтересів і потреб.

Отже, раціональне використання земель сільськогосподарського призначення – це економічно ефективне, екологічно безпечне та науково обґрунтоване використання сільськогосподарських угідь засноване на дотриманні принципів пріоритетності земель сільськогосподарського призначення, оптимізації структури сільськогосподарських угідь, врахуванні природних та економічних особливостей кожної земельної ділянки при їх сільськогосподарському освоєнні, захисті земель від шкідливого природного та антропогенного впливу, екологізації процесів землеробства, застосуванні ресурсозберігаючих технологій, усесторонній охороні земель, відтворенні та підвищенні родючості ґрунтів, задоволенні суспільних потреб тощо [9].

Усе це вказує на те, що питання економічно ефективного та екологічно безпечного використання земельних ресурсів сільськогосподарського призначення, врахування екологічних факторів при їх економічній оцінці є надзвичайно актуальними як з наукової, так і з практичної точок зору [10].

**Мета, завдання та методика проведення досліджень:**

- ✓ проаналізувати сучасні тенденції та підходи до вибору і обґрунтування технологій раціонального землекористування як в

- Україні, так і за її межами;
- ✓ встановити напрямки розробки технологій раціонального землекористування в сільськогосподарському виробництві;
  - ✓ розробити критерії вибору технологій раціонального землекористування в сільськогосподарському виробництві України як в нинішній, так і в повоєнний час.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У велику провину людині в сучасних умовах господарювання в аграрній галузі можна поставити повсюдні прояви фізичної, хімічної та біологічної деградації ґрунтів. Це пов'язано з тим, що сучасні технології виробництва, як правило, спрямовані на отримання максимальної кількості продукції. При цьому мало звертають увагу на значні зміни, що відбуваються в ґрунтовому покриві.

До деградаційних процесів, що негативно впливають на якість ґрунтів і знижують продуктивність сільськогосподарських угідь належать наступні найбільш розповсюджені види:

- ✓ водна та вітрова ерозія;
- ✓ засолення і осолонцювання;
- ✓ перезволоження і підтоплення;
- ✓ заболочування;
- ✓ забруднення засобами хімізації тощо.

Результати перерахованих деградаційних процесів і негативних факторів призводять до скорочення площ найбільш цінних ґрунтів, зниження рівня родючості всього ґрунтового покриву, що свідчить про нераціональне та безгосподарське використання земель.

Вищенаведене змушує замислитись про необхідність формування сільськогосподарських землекористувань з врахуванням не тільки економічної ефективності, але і екологічної складової, тобто створювати нові технології та системи раціонального землекористування адаптовані до конкретних природно-кліматичних умов, що забезпечують відновлення родючості ґрунту та мінімізації антропогенного впливу на агроландшафт.

Раціональне землекористування передбачає максимальне залучення до господарського обігу всіх земель та їх ефективне використання за основним цільовим призначенням, створення найсприятливіших умов для високої продуктивності сільськогосподарських угідь і отримання максимальної кількості продукції на одиницю площі за найменших витрат праці та коштів.

Раціональне використання і охорона земельних ресурсів включає дві групи питань:

- ✓ охорона ґрунтів (землекористувань) від виснаження і підвищення їх родючості – економічна група;
- ✓ охорона ґрунтів від забруднення та його попередження – екологічна група.

Система раціонального землекористування передбачає виробничий (корисний, ефективний), ресурсозберігаючий, відтворювальний і природоохоронний аспекти. Через обмеженість земель та інших природних ресурсів виникає постійна проблема щодо раціонального їх використання (застосування ефективних систем землеробства, меліорації, прогресивних технологій та організаційно-економічних заходів, що забезпечують підвищення родючості ґрунтів, регулювання водного режиму, обмежують негативний вплив землегосподарств та людей, рослинний і тваринний світ, геологічні структури – на всі компоненти навколишнього середовища).

Раціональне використання землі – обов'язкова екологічна вимога при використанні цього природного ресурсу, яке включає правильну організацію території. Натомість екстенсивне землеробство, яке і зараз переважно практикується в нашій країні призвело до безмежної розораності територій, які не можна обробляти: заплави річок, круті схили гір, пагорби, на яких повинні рости ліси, чагарники і трави.

Сучасна практика землекористування вказує на низький рівень ефективності використання земель сільськогосподарського призначення, яке здійснюється з ігноруванням основ потенційної продуктивності земель і науково обґрунтованих сівозмін сільськогосподарських культур, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, залучення до орних переважно малородючих земель та ряду інших факторів.

Розроблені та впроваджені технології раціонального землекористування, що відіграють вирішальну роль у процесі виробництва продукції, передбачають:

- ✓ оптимізацію структури земельних угідь;
- ✓ оптимізацію структури посівних площ, у відповідності з сучасними завданнями ведення сільськогосподарського виробництва;
- ✓ осушення заболочених і перезволожених земель;

- ✓ зрошення і обводнення посушливих земель;
- ✓ вапнування кислих ґрунтів;
- ✓ гіпсування та раціональне використання засолених і солонцюватих ґрунтів;
- ✓ розробка і запровадження раціональних ґрунтозахисних систем землеробства;
- ✓ раціональний обробіток ґрунту на основі збереження і перерозподілу рослинних решток сільськогосподарських культур;
- ✓ створення умов раціонального використання природних кормових угідь;
- ✓ підвищення продуктивності порушених земель.

Суттєві корективи до критеріїв вибору технологій раціонального землекористування внесли повномасштабні воєнні дії. Війна в Україні наносить величезну шкоду її землям. Зрозуміло, що ця шкода матиме довготривалий вплив. Земельні ресурси вже є і ще будуть непридатними до використання в сільськогосподарському виробництві через вирви від вибухів різних боєприпасів, металобрухту від військової техніки, замінування територій, канцерогенного сміття, забруднення важкими металами та хімічними речовинами від боєприпасів та паливо-мастильних матеріалів. Немало клопоту для використання земель завдають побудовані фортифікаційні споруди та зруйновані лісомеліоративні насадження і гідротехнічні споруди. І цей перелік причин негативного впливу на землекористування з якими ми стикаємося вже, а ще більше будемо стикатися після завершення воєнних дій, можна продовжувати.

У зв'язку із сказаним вище, можна зробити висновок, що необхідно вже зараз розробляти критерії вибору існуючих та розробляти нові технології раціонального землекористування щоб позбутися або звести до мінімуму вплив цих уражень.

Насамперед, звичайно, потрібно провести моніторинг земель що зазнали впливу воєнних дій з використанням всіх наявних технологій та засобів, включаючи новітні картографічні системи (аеро-, супутникових, комп'ютерних та інших). Лише після наявності даних моніторингу можна вибирати технології та розробляти проекти раціонального землекористування.

Не маючи конкретних даних моніторингу вражених територій, можна вже зараз розробляти деякі рекомендації по змінах в системах землеробства на них:

- ✓ при проектуванні схем сівозмін необхідно враховувати вплив забруднювача на урожай і якість сільськогосподарської продукції та накопичення його в основній продукції, а також вводити культури, які мають високий винос забруднювача і значну біомасу;
- ✓ в системі обробітку необхідно проєктувати заходи щодо поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту через ущільнення його важкою військовою технікою – глибока оранка, чизелювання, глибоке меліоративне рихлення, щілювання, тощо;
- ✓ в системі удобрення перевагу надавати органічним добривам, які наряду із покращенням поживного режиму сприяють утворенню із забруднюючими речовинами малорухливих комплексів;
- ✓ в системі хімічних меліорацій використовувати вапнування ґрунтів забруднених радіонуклідами та важкими металами з використанням цеолітів та базальтових туфів як сорбентів;
- ✓ не слід забувати про використання мікробіологічних препаратів, що зменшують надходження токсичних елементів до рослин або відновлюють мікрофлору ґрунту;
- ✓ при проведенні культуртехнічних робіт особливу увагу після розмінування угідь потрібно приділяти рекультивації вирв. Ці роботи повинні проводитись традиційно в два етапи – технічний і біологічний. На технічному етапі потрібно враховувати розміри вирви (як діаметр, так і глибину) і будову ґрунтового профіля (потужність генетичних горизонтів). Разом з цим потрібно демонтувати і рекультивувати фортифікаційні споруди.

В системах раціонального землекористування на вражених воєнними діями землях повинні домінувати системи точного землеробства, особливо на зрошуваних землях, з використанням всіх ланок що до таких систем входять.

**Висновки.** Правильно підібрані та обґрунтовані технології раціонального землекористування в сучасних умовах повинні забезпечувати:

- ✓ здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у сфері агрономії під час здійснення професійної діяльності, або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та здійснення інновацій, що характеризується комплексністю умов;
- ✓ здатність розробляти проекти з раціонального землекористування та управляти ними;

- ✓ постійне прагнення до збереження навколишнього середовища при розробці технології раціонального землекористування;
- ✓ створювати нові технології та застосовувати сучасні технології агрономії, враховуючи їх особливості та користуючись передовим досвідом їх впровадження розробляючи наукові основи технологій вирощування сільськогосподарських культур;
- ✓ здатність здійснювати моделювання систем землеробства та технології виробництва продукції рослинництва;
- ✓ здатність проєктувати та реалізовувати екологічно безпечні, екологічно ефективні та енергоефективні технології виробництва в аграрному секторі;
- ✓ розробляти та реалізовувати проєкти екологічно безпечних прийомів та технологій виробництва високоякісної продукції рослинництва з урахуванням особливостей агроландшафтів та економічної ефективності;
- ✓ вміння реалізовувати розроблені технології раціонального землекористування в сфері агрономії для збереження та відтворення родючості ґрунтів.

**1.** Класифікація ґрунтів України / за ред. М. І. Полупана. К. : Аграрна наука, 2005. 300 с. **2.** Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України : навч. посіб. / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. І. Кисіль та ін. К. : Колообіг, 2005. 304 с. **3.** Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/novosti/ekologiya.html> (дата звернення: 10.07.2024). **4.** Будова профілю і морфологічні ознаки. URL: <https://helpiks.org/8-91248.html> (дата звернення: 10.07.2024). **5.** Ґрунтознавство / за ред. Д. Р. Тихоненка. К. : Вища освіта, 2005. 703 с. **6.** Дмитрик П. М. Технології раціонального землекористування : курс лекцій. Івано-Франківськ, 2017. 103 с. **7.** Мельник Л. В. Стратегічні засади раціонального землекористування в аграрних формуваннях. *Науковий вісник НУБіП України*. URL: [http://www.khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik\\_126/29.pdf](http://www.khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_126/29.pdf) (дата звернення: 10.07.2024). **8.** Бухало О. В. Організація ефективного землекористування в сільськогосподарських підприємствах : монографія. Х. : ТОВ «Едена», 2012. 417 с. **9.** Сохнич А. Я., Якимчук А. Ю., Казаченко Л. М. Управління земельними ресурсами: оцінювання кредитоспроможності інноваційних проєктів. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/151651/20-Sokhnich.pdf?sequence=1> (дата звернення: 10.07.2024). **10.** Земельний кодекс України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>. (дата



звернення: 10.07.2024). **11.** WikiLegalAid Покупці земель сільськогосподарського призначення. URL: <http://surl.li/rspsb> (дата звернення: 10.07.2024).

## REFERENCES:

1. Klasyfikatsiia gruntiv Ukrainy / za red. M. I. Polupana. K. : Ahrarna nauka, 2005. 300 s.
  2. Vyznachnyk ekoloho-henetychnoho statusu ta rodiuchosti gruntiv Ukrainy : navch. posib. / M. I. Polupan, V. B. Solovei, V. I. Kysil ta in. K. : Koloobih, 2005. 304 s.
  3. Ofitsiynyi sait Kharkivskoi miskoi rady, miskoho holovy, vykonavchoho komitetu. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/novosti/ekologya.html> (data zvernennia: 10.07.2024).
  4. Budova profilu i morfolohichni oznaky. URL: <https://helpiks.org/8-91248.html> (data zvernennia: 10.07.2024).
  5. Gruntoznavstvo / za red. D. R. Tykhonenka. K. : Vyshcha osvita, 2005. 703 s.
  6. Dmytryk P. M. Tekhnolohii ratsionalnoho zemlekorystuvannia : kurs lektsii. Ivano-Frankivsk, 2017. 103 s.
  7. Melnyk L. V. Stratehichni zasady ratsionalnoho zemlekorystuvannia v ahrarnykh formuvanniakh. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. URL: [http://www.khntusg.com.ua/files/sbornik/ vestnik\\_126/29.pdf](http://www.khntusg.com.ua/files/sbornik/ vestnik_126/29.pdf) (data zvernennia: 10.07.2024).
  8. Bukhalo O. V. Orhanizatsiia efektyvnoho zemlekorystuvannia v silskohospodarskykh pidpriemstvakh : monohrafiia. Kh. : TOV «Edena», 2012. 417 s.
  9. Sokhnych A. Ya., Yakymchuk A. Yu., Kazachenko L. M. Upravlinnia zemelnymy resursamy: otsiniuvannia kredytopromozhnosti innovatsiinykh proektiv. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/151651/20-Sokhnych.pdf?sequence=1> (data zvernennia: 10.07.2024).
  10. Zemelnyi kodeks Ukrainy. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>. (data zvernennia: 10.07.2024).
  11. WikiLegalAid Pokuptsi zemel silskohospodarskoho pryznachennia. URL: <http://surl.li/rspsb> (data zvernennia: 10.07.2024).
-

**Furman V. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Moroz O. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Liusak A. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Slobodiuk H. A., Master** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **TO THE CHOICE OF RATIONAL LAND USE TECHNOLOGIES**

**The purpose of the work is: to analyze modern trends and approaches to the selection and justification of rational land use technologies both in Ukraine and abroad; establish directions for the development of technologies for rational land use in agricultural production; to develop criteria for the selection of technologies of rational land use in agricultural production of Ukraine both in the present and in the post-war period.**

**The developed and implemented technologies of rational land use, which play a decisive role in the production process, provide for: optimization of the land structure; optimization of the structure of sown areas, in accordance with modern tasks of agricultural production; drainage of swampy and waterlogged lands; irrigation and irrigation of arid lands; liming of acidic soils; plastering and rational use of saline and saline soils; development and implementation of rational soil protection systems of agriculture; rational soil cultivation based on the preservation and redistribution of plant residues of agricultural crops; creation of conditions for the rational use of natural fodder lands; increasing the productivity of disturbed lands.**

**The issue of choosing technologies for rational land use after the end of hostilities was considered. Proposals are made regarding the features of the development of elements of farming systems on such lands, in particular, on crop rotation schemes, soil cultivation systems, fertilization and chemical land reclamation, the use of microbiological preparations and the implementation of cultural and technical works.**

**Correctly selected and substantiated technologies of rational land use in modern conditions should provide: the ability to solve complex tasks and problems in the field of agronomy, which involves conducting research and implementing innovations, which is characterized by the complexity of conditions; create new technologies and apply modern technologies of agronomy, taking into account their**

**features and using advanced experience of their implementation, developing the scientific basis of technologies for growing agricultural crops; to develop and implement projects of environmentally safe methods and technologies for the production of high-quality plant products, taking into account the characteristics of agricultural landscapes and economic efficiency; to be able to implement the developed technologies of rational land use in the field of agronomy to preserve and reproduce soil fertility.**

***Keywords:* technologies; rational land use; elements of the farming system; cultural and technical works; precision farming; postwar period.**

## ЗМІСТ

Біда П. І., Василюк- Полюшек М. О.	Інновації моніторингу земель: ГІС- технології, агрономія та сталі аспекти землекористування ..... 3
Броцак І. С., Мандрико М. В., Ориник Б. І., Бровко О. З., Гуйван М. Д., Турчина К. П.	Вплив органічного добрива «Organic Max» на показники родючості закритого ґрунту та врожайність помідор ..... 16
Буглак С. Ю.	Значення впливу хімічних мікро- макроелементів та наслідків радіоактивного забруднення на поширеність цукрового діабету та патології щитоподібної залози серед населення Рівненської області ..... 27
Валецька О. В., Налобіна О. О., Голотюк М. В., Пилипака Т. С., Колесник Т. М., Бундза О. З.	Вплив вапнування та мінерального удобрення на кислотність ґрунтів у різних агрокліматичних зонах ..... 45
Валецька О. В., Налобіна О. О., Колесник Т. М., Голотюк М. В., Пилипака Т. С., Шимко А. В.	Вплив органічних та мінеральних добрив на родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур ..... 59
Грищенко О. М., Паламарчук Р. П., Куліджанов Е. В., Грищенко В. О., Вознюк Н. М.	Агрохімічна оцінка земель сільськогосподарського призначення Миколаївської області, які зазнали підтоплення внаслідок руйнування Каховської ГЕС ..... 71

Гунчак М. В., Пасічняк В. І., Грищенко О. М., Ліхо О. А.	Ефективність застосування біологічного методу захисту яблуні проти звичайного павутинного кліща в умовах Західного лісостепу України ..... 90
Кирилюк В. П., Максютов А. О., Ковальчук Н. С.	Вплив зрошення на ріст і продуктивність пшениці озимої ..... 102
Ковальчук С. В., Гриб Й. В., Калько А. Д.	Роль заплави річково-озерної мережі як осередку життя водної екосистеми і відтворення аборигенної іхтіофауни ..... 120
Майборода Х. А.	Зростання салату листового у системі аквапоніки із сомом кларієвим ..... 134
Максютов А. О., Брежицька О. А., Скиба В. П.	Використання енерго- і ресурсозберігаючих технологій термічної переробки деревних матеріалів ..... 145
Морозова Т. В., Мудрак О. В.	Біомоніторинг агроєкосистем: виклики та перспективи ..... 160
Фурман В. М., Мороз О. С., Люсак А. В., Слободюк Г. А.	До вибору технологій раціонального землекористування ..... 173

## CONTENT

Bida P. I., Vasyliuk- Poliushek M. O.	Innovations in Land Monitoring: GIS Technologies, Agronomy and Sustainable Aspects of Land Use .....	3
Broshchak I. S., Mandryko M. V., Orynyk B. I., Brovko O. Z., Huivan M. D., Turchyna K. P.	Influence of "Organic Max" Organic Fertilizer On Fertility Indicators of Closed Soil and Yield of Tomatoes .....	16
Buhlak S. Yu.	Significance of the Influence of Chemical Micro-Macro Elements and the Consequences of Radioactive Pollution on the Prevalence of Diabetes and Thyroid Gland Pathology Among the Population of the Rivne Region .....	27
Valetska O. V., Nalobina O. O., Holotiuk M. V., Pylypaka T. S., Kolesnyk T. M., Bundza O. Z.	Influence of Liming and Mineral Fertilizer on Soil Acidity in Different Agro-Climatic Zones .....	45
Valetska O. V., Nalobina O. O., Kolesnyk T. M., Holotiuk M. V., Pylypaka T. S., Shymko A. B.	Influence of Organic and Mineral Fertilizers on Soil Fertility and Yield of Agricultural Crops .....	59
Hryshchenko O. M., Palamarchuk R. P., Kulidzhanov E. V., Hryshchenko V. O., Vozniuk N. M.	Agrochemical Assessment of Agricultural Lands in the Mykolaiv Region Which Were Flooded As a Result of Destruction Kakhovka HPP .....	71

Hunchak M. V., Pasichniak V. I., Hryshchenko O. M., Likho O. A.	Efficiency of Application of the Biological Method of Apple Trees Protection Against the Common Spider Mite in the Western Forest Steppe of Ukraine .....	90
Kyryliuk V. P., Maksiutov A. O., Kovalchuk N. S.	Effect of Irrigation on the Growth and Productivity of Winter Wheat .....	102
Kovalchuk S. V., Hryb Y. V., Kalko A. D.	Role of the Floodwater of the River-Lake Network as a Life Center of the Aquatic Ecosystem and the Creation of Aboriginal Ichthiofauna .....	120
Maiboroda K. A.	Growing of Leaf Lettuce in Aquaponics System With Clarium Catfish .....	134
Maksiutov A. O., Brezhytska L. A., Skyba V. P.	Use of Energy and Resource-Saving Technologies of Thermal Processing of Wooden Materials .....	145
Morozova T. V., Mudrak O. V.	Biomonitoring of Agroecosystems: Challenges and Prospects .....	160
Furman V. M., Moroz O. S., Liusak A. V., Slobodiuk H. A.	To the Choice of Rational Land Use Technologies .....	173

Наукове видання

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

**Збірник наукових праць**

**Випуск 3(107)**

**Сільськогосподарські науки**

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

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

*Друкується в авторській редакції*

Підписано до друку 27.09.2024 р. Формат 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Ум.-друк. арк. 11,2. Обл.-вид. арк. 12,4.  
Тираж 150 прим. Зам. № 5644.

*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.*