

**Зміст електронного журналу  
«Наукові доповіді НУБіП України»  
№ 3/109 (червень), 2024**

**Рекомендований до видання Вченою Радою НУБіП України  
протокол № 12 від 29 травня 2024 р.**

**Біологія, екологія**

- 1. Зеленянська Н.М., Гогулінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.** Застосування прийому етіоляції експлантів винограду в культурі *in vitro*
- 2. Корольова О. В.** Екологічна структура грибів класу *dothideomycetes* у складі степових екосистем степової зони України
- 3. Сатін І. В., Куций Д. В.** Емісії парникових газів з місць видалення побутових відходів та заходи щодо їх скорочення
- 4. Заверталюк О., Наумовська О. І.** Комплексний огляд сучасного програмного забезпечення з управління впливу на навколишнє середовище

**Агрономія**

- 5. Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.** Успадкування F1 *Triticum aestivum L.* стійкості проти *Fusarium graminearum Schwabe*
- 6. Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.** Особливості прояву біометричних показників у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на час відновлення весняної вегетації в Лісостепу України
- 7. Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.** Зміна запасів доступної ґрунтової вологи в агроценозах пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах
- 8. Слободяник Г. Я.** Продуктивність цибулі порей залежно від внесення мінеральних добрив і ґрунтового біопрепарату в умовах правобережного Лісостепу України
- 9. Гуртовенко В. О., Цюк О. А.** Ефективність застосування ґрунтових гербіцидів на посівах соняшника
- 10. Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.** Покращення генетичного потенціалу культурної форми баклажана за рахунок гібридизації з лінією міжвидового походження
- 11. Войтовик М. В., Жовтун М. В.** Біологічна активність ґрунту агроценозу сої залежно від систем удобрення та його обробітку

- 12. Аврамчук Б. І., Демидась Г. І.** Динаміка формування урожайності зеленої маси та сухої речовини еспарцету посівного залежно від впливу елементів технології
- 13. Шипп А. В., Ковалишина Г. М.** Порівняльний аналіз потенціалу врожайності гібридів пшениці озимої нового покоління оригінатора групи компанії saaten-union GmbH
- 14. Гаврик С. В., Мельник В. І., Жовтун М. В.** Особливості формування висоти сортів сої різних груп стиглості

#### **Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва**

- 15. Адамчук Л. О., Войналович М. В.** Дослідження бактерицидної дії меду проти *Salmonella enterica*
- 16. Токар А. Ю., Гайдай І. В., Войцехівський В. І., Войцехівська О. В.** Аскорбінова кислота та фенольні речовини у плодово-ягідних некріплених виноматеріалах
- 17. Вінтонів О. А.** Вплив сезону розмноження на реалізацію відтворювальної здатності кролематок породи сріблястий
- 18. Тимошук О. І., Грищенко С. М.** Продуктивність молодняку індиків за різних співвідношень лізину і метіоніну у комбікормах

#### **Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва**

- 19. Моложанова А. В.** Аналіз поширення SARS-CoV-2 у світі серед різних видів тварин

#### **Лісове і садово-паркове господарство**

- 20. Зайцева І. А., Лазарєв О. С.** Фітосанітарний стан горіху волоського (*Juglans regia L.*) у зелених насадженнях м. Дніпро
- 21. Мусієнко С. І., Лук'янець В. А., Румянцев М. Г., Тарнопільська О. М., Кобець О. В., Бондаренко В. В.** Лісівничо-таксаційна характеристика рекреаційно-оздоровчих соснових лісів Лівобережного Степу

#### **Техніка і автоматика АПК**

- 22. Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.** Параметрична оптимізація частотно-керованого пуску динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту баштового крана
- 23. Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Воліна Т. М., Кресан Т. А., Грищенко І. Ю., Бабка В. М., Рибенко І. О., Ребрій А. М.** Особливості згинання криволінійних абсолютно пружних стержнів

- 24.Тітова Л. Л.** Аналітичність алгоритму контролю параметрів технічного стану бортової системи зернозбиральних комбайнів на основі обробки швидкозмінних величин
- 25.Ничай І. М.** Аналітичність марківських процесів опису коефіцієнту технічної готовності зернозбиральних комбайнів
- 26.Доля М. М., Лисенко В. П., Лендел Т. І., Наконечна К. В., Ворох В. І.** Штучні неймережі для прогнозування чисельності шкідників польових культур

### Biology, biotechnology, ecology

1. **Zelenyanska N. M., Gogulinska O. I., Artiukh M.M., Borun V. V.** Application of etiolation of grape explants in vitro culture
2. **Korolyova O. V.** Ecological structure of Dothideomycetes in the steppe ecosystems of the steppe zone of Ukraine
3. **Satin I. V., Kutsyi D. V.** Greenhouse gas emissions from municipal waste disposal sites and measures for its reduction
4. **Zavertaliuk O., Naumovska O.** A comprehensive overview of modern environmental management software

### Agronomy

5. **Murashko L. A., Humeniuk O. V., Kyrylenko V. V., Suddenko Yu. M., Mukha T. I., Novytska N. V.** Inheritance of resistance against *Fusarium graminearum* Schwabe in F1 of *Triticum aestivum* L.
6. **Rysin A. L., Demydov O. A., Volohdina H. B., Fedorenko M. V.** Features of the manifestation of biometric indicators in varieties and breeding lines of winter bread wheat at spring renewal of vegetation date in the Forest Steppe of Ukraine
7. **Panchenko O. B., Melnyk V. I., Zhovtun M. V.** Change of available soil moisture reserves in agrocenoses of winter wheat in short rotation crop rotations
8. **Slobodianyk H. Ya.** Productivity of leeks depending on the application of mineral fertilizers and soil biopreparation in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine
9. **Gurtovenko V. O., Tsyuk O. A.** Efficiency of application of soil herbicides on sunflower crops
10. **Kondratenko S. I., Serhiienko O. V., Marusyak A. O.** Improvement of genetic potential cultural form of eggplant due to hybridization with a line of interspecies origin
11. **Voitovyk M., Zhovtun M.** Biological activity of soy agrocenose soil depends on fertilizer systems and its processing
12. **Avramchuk B. I., Demydas H. I.** Dynamics of green biomass and dry matter yield formation in esparcet as affected by elements of cultivation technology
13. **Shypp A. V., Kovalyshyna H. M.** Comparative analysis of yield potential of winter wheat hybrids of the new generation from the originator of the saaten-union gmbh group
14. **Havrik S., Melnyk V., Zhovtun M.** Features of the formation of the height of soybean varieties of different maturity groups

### Technology of production and processing of livestock products

- 15. Adamchuk L. O., Voinalovych M. V.** Research of the honey bactericidal action against *Salmonella enterica*
- 16. Tokar A. Yu., Haidai I. V., Voitsekhivskiy V. I., Voitsekhivska O. V.** Ascorbic acid and phenolic substances in fruit and berry unforced wines
- 17. Vintoniv O. A.** The influence of the breeding season on the realization of the reproductive capacity of silver breed rabbits
- 18. Tymoshchuk O. I., Gryshchenko S. M.** Productivity of turkeys at different ratios of lysine and methionine in compound feed

#### **Veterinary medicine, quality and safety of livestock products**

- 19. Molozhanova A. V.** Study of the SARS-CoV-2 global distribution among different animal species

#### **Forestry and ornamental plants**

- 20. Zaitseva I. A., Lazariyev A. S.** Phytosanitary state of walnut (*Juglans regia L.*) in the green plantings of the Dnipro city
- 21. Musienko S. I., Lukyanets V. A., Rumiantsev M. H., Tarnopilska O. M., Kobets O. V., Bondarenko V. V.** Forestry and mensuration characteristics of pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left Bank Steppe

#### **Machinery & automation of Agriculture 4.0**

- 22. Romasevych Yu. O., Loveikin V. S., Stekhno O. V.** Parametric optimization of frequency-controlled start-up of dynamic system "trolley-load" of tower crane trolley movement mechanism
- 23. Pylypaka S. F., Khropost V. I., Volina T. M., Kresan T. A., Hryshchenko I. Yu., Babka V. M., Rybenko I. O., Rebriy A. M.** Features of bending of curvilinear absolutely elastic bars
- 24. Titova L. L.** Analytics of algorithm for control of technical condition parameters of on-board system of grain harvester based on processing of fast-changing values
- 25. Nichay I. M.** Analyticity of markov processes for description of coefficient of technical readiness of grain harvesters combines
- 26. Dolia M. M., Lysenko V. P., Lendiel T. I., Nakonechna K. V., Vorokh V. I.** Artificial neural networks for predicting the number of field crop pests

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЙОМУ ЕТІОЛЯЦІЇ ЕКСПЛАНТІВ ВІНОГРАДУ  
В КУЛЬТУРІ IN VITRO**

**Н. М. ЗЕЛЕНЯНСЬКА**, доктор сільськогосподарських наук,  
заступник директора з науково–інноваційної діяльності,  
<https://orcid.org/0000-0002-9303-8686>

**О. І. ГОГУЛІНСЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий  
співробітник, <https://orcid.org/0000-0003-3542-6143>

**М. М. АРТЮХ**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий  
співробітник, <https://orcid.org/0000-0002-4180-4588>

**В. В. БОРУН**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий  
співробітник, <https://orcid.org/0000-0002-3431-5612>

*Національний науковий центр*

*«Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Національна  
академія аграрних наук України*

E-mail: [helena.kovb@gmail.com](mailto:helena.kovb@gmail.com)

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.001](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.001)

***Анотація.** Мікророзмноження винограду використовують для отримання вихідного та сертифікованого садивного матеріалу для закладання маточних насаджень. Зниження ефективності мікроклонального розмноження пов'язане з труднощами на етапах введення експлантів в культуру in vitro та укорінення. Прийом етіоляції є простим для застосування та дозволяє запобігти фенольному окисленню експлантів, позитивно впливає на збільшення довжини пагонів та кількості коренів. Метою досліджень було визначити ефективність застосування прийому етіоляції на етапах введення експлантів та укорінення мікрочубуків у культурі in vitro. Роботу виконували у лабораторії культури винограду in vitro відділу розсадництва, розмноження та біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» за загальноприйнятою методикою на столових, технічних та підщепних сортах винограду. Прийом етіоляції застосовували на двох етапах: введення ініціальних експлантів винограду в культуру in vitro (протягом 7, 15 та 25-и діб) та укорінення мікрочубуків винограду (протягом 7 та 15-и діб). Визначали приживлюваність та проліферацію експлантів, основні біометричні показники росту та розвитку мікроклонів. Встановили, що на етапі введення ініціальних експлантів винограду в культуру in vitro застосування прийому етіоляції протягом 15 діб, а на етапі мікророзмноження – протягом 7 діб позитивно впливало на приживання, проліферацію пазушних бруньок та подальший розвиток експлантів та мікрочубуків. Висота стебла дослідних мікроклонів була більшою на 0,6-2,6 см, а кількість листків на 0,4-0,9 шт., ніж у контрольних рослин. Також етіоляція позитивно впливала на збільшення довжини та біомаси коренів у мікрочубуків.*

Зеленянська Н.М., Гогулінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

У подальшому планується проаналізувати зміни коефіцієнту розмноження *in vitro* різних сортів винограду під впливом етіоляції.

**Ключові слова:** виноград, етіоляція, ініціальні експланти, мікрочубуки, приживання, проліферація, довжина пагонів, корені

**Актуальність.** Мікроклональне розмноження *in vitro* є одним з найефективніших методів вегетативного розмноження рослин, оскільки незалежно від пори року дозволяє підвищити якість садивного матеріалу та обсяги його виробництва, а також забезпечує збереження і оздоровлення рослинного матеріалу. Мікророзмноження винограду використовується здебільшого для отримання вихідного і сертифікованого садивного матеріалу, вільного від вірусної та бактеріальної інфекції, для закладання маточних насаджень цінних сортів та клонів (Система ..., 2015; Yancheva et al.; 2018, Golino et al., 2017). В умовах культури *in vitro* на процеси розмноження та морфогенезу рослин впливає багато факторів – генотип, вік вихідної рослини, сезонність ізоляції та розмір вихідного експланта, гормональний та мінеральний склад живильного середовища, а також фізичні фактори – кислотність середовища, умови освітлення, температурний режим та відносна вологість повітря (Зеленянская, 2009; Biotechnology of..., 2020).

Зниження ефективності мікроклонального розмноження переважно пов'язане з труднощами на

етапах введення експлантів в культуру *in vitro*, укорінення та адаптації рослин до нестерильних умов. Загибель експлантів унаслідок відсутності росту, виділення фенолів, розвитку калусу та вітрифікації може бути зменшена з допомогою різних технологічних прийомів, способів та методів інтенсифікації регенераційних процесів, зокрема впливу високих або низьких температур, етіоляції, застосування антиоксидантів, біологічно активних речовин на різних етапах мікроклонального розмноження (Péros et al., 1998; Torregrosa et al., 2000; Tasiu, 2012).

Прийом етіоляції (затемнення) є простим та доступним для застосування, але потребує уточнення та деталізації на кожному етапі для певного виду рослин, в тому числі і для винограду (Sharma et al., 1995).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для винограду та багатьох інших рослин при введенні в умови *in vitro* характерною є фенольна інтоксикація експлантів, за якої у поживне середовище виділяються продукти вторинного обміну. Вони негативно впливають на клітинну проліферацію, пригнічують ріст та розвиток експлантів та загалом регенераційний потенціал рослин під

Зеленянська Н.М., Гогулінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

час тривалого субкультивування (Калинин, 1992; Скрипченко, 2009).

Для запобігання самоотруєння фенолами у поживне середовище додають гліцин, активоване вугілля, лимонну та аскорбінову кислоти, а також часто пересаджують експланти. Важливим є правильний підбір первинних експлантів та способів їх ізоляції з меншою площею ранової поверхні, а також видалення старих тканин, що відмирають (Singh et al., 2002; Подгаєцький та ін., 2018). Для деяких видів рослин на цьому етапі досліджували застосування прийому етіюляції, що запобігає фенольному окисненню експлантів, позитивно впливає на збільшення середньої довжини пагонів та коефіцієнт розмноження рослин (Anderson et al., 2017).

Власне, етіюляція – це зміни в будові рослини, яка росте в темряві, а саме відсутність продукування хлорофілу в тканинах (хлороз) та швидке подовження стебла, тобто видовження міжвузлів завдяки використанню запасних речовин. На світлі відбувається процес деетіюляції, під час якого пригнічується подовження стебла, розвиваються листки, утворюється хлорофіл та починається фотосинтез. Позитивний вплив етіюляції залежить від виду та сорту рослин. Етіюляція викликає ювенілізацію тканин рослин, сприяє запуску біохімічних процесів, які викликають швидке витягування пагонів, підвищує рівень

ендогенних ауксинів і запобігає їх розкладу під впливом світла, стимулює ріст та розтягування клітин, індукує закладку коренів (Smith, 1989; Marks, 1991). Наприклад, для покращення вкорінення проліферуючих мікропагонів яблуні їх розміщували у темряві, причому період етіюляції переривали кількадечним розміщенням на світлі (Zimmerman, 1983).

Для кращого приживання на етапі введення в культуру *in vitro* експланти винограду відбирали з пророщених у темряві пагонів. Загальний вміст фенолів та активність поліфенолоксидази були різко знижені в етіюльованих пагонах. Приживання етіюльованих експлантів було кращим, ніж неетіюльованих, також були виявлені сортові відмінності (Sharma et al., 1995).

Відомо, що прийом етіюляції застосовували для попередньої підготовки материнських рослин авокадо – їх витримували у темряві протягом 7 тижнів або за режиму – 12 год освітлення / 12 годин темрява та на етапі введення експлантів в культуру *in vitro* – протягом 15 днів. Встановлено, що розміщення у темряві усувало фенолізацію експлантів, зменшувало утворення калусу та збільшувало кількість і висоту пагонів (Osorio et al., 2018).

Було досліджено вплив повної темряви порівняно з фотоперіодом 16/8 на здатність до коренеутворення *in vitro* мікропагонів *Acacia mangium*

Зеленянська Н.М., Гоголінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

ювенільного та зрілого походження. Ризогенез мікропагонів значно збільшувався під впливом темряви при культивуванні на поживному середовищі з ауксинами, однак для мікропагонів ювенільного походження стимулюючий ефект темряви в поєднанні з ІОК (індолілоцтова кислота) проявлявся в короткий період (Monteuuis, Von, 2000).

Для отримання меристем винограду з метою подальшої їх генетичної трансформації пророщені апікальні меристеми витримували 4 тижні у темряві при 25°C (Gray, 2008).

Таким чином, щоб підвищити морфогенетичний потенціал експлантів у культурі *in vitro* та здатність їх до регенерації, необхідно підібрати індивідуальні умови культивування для кожного досліджуваного генотипу, застосовуючи інноваційні для виноградарства прийоми культивування.

**Мета досліджень** – визначити ефективність застосування прийому етіюляції на етапі введення експлантів та укорінення мікрочубуків у культурі *in vitro* для вдосконалення технології мікроклонального розмноження винограду. **Завданням дослідження** було встановити вплив різної тривалості етіюляції на ініціальні експланти та мікрочубуки, зокрема, на їх показники росту та розвитку.

### Матеріали і методи досліджень.

Роботу виконували у лабораторії культури винограду *in vitro* відділу розсадництва, розмноження та біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» протягом 2021-2022 рр. Дослідження на етапі введення ініціальних експлантів винограду в культуру *in vitro* проводили на столових сортах винограду Таїрян та Персей, на технічному сорті Загрей та підщепному Гарант. На етапі укорінення мікрочубуків використовували столові сорти винограду Аркадія, Одісей, технічні - Каберне Совінйон, Ярило, Ароматний, Загрей та підщепний сорт Добриня.

Введення в культуру *in vitro* та вирощування мікроклонів здійснювали за загальноприйнятою методикою (Зеленянська, 2009). Культивування експлантів проводили у культуральному боксі при температурі 25-27°C, освітленні 2000-2500 люкс фотоперіод 12 год, вологості повітря 60-70%. Кількість повторностей у кожному досліді – 2, кількість чубуків у кожному варіанті 15-20 шт.

Прийом етіюляції застосовували на двох технологічних етапах: введення ініціальних експлантів винограду в культуру *in vitro* (дослід 1) та укорінення мікрочубуків винограду в культурі *in vitro* (дослід 2).

Зеленянська Н.М., Гоголінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

Дослід 1: Варіант 1.1 – етіоляція протягом 7-и діб;

Варіант 1.2 – етіоляція протягом 15-и діб;

Варіант 1.3 – етіоляція протягом 25-и діб;

Варіант 1.4 – без етіоляції (контроль).

У всіх варіантах поживне середовище містило 0,5 мг/л 6-БАП (6-бензиламінопурин).

Дослід 2: Варіант 2.1 – етіоляція протягом 7-и діб;

Варіант 2.2 – етіоляція протягом 15-и діб;

Варіант 2.3 – без етіоляції (контроль).

У всіх варіантах поживне середовище містило 0,25 мг/л ІОК.

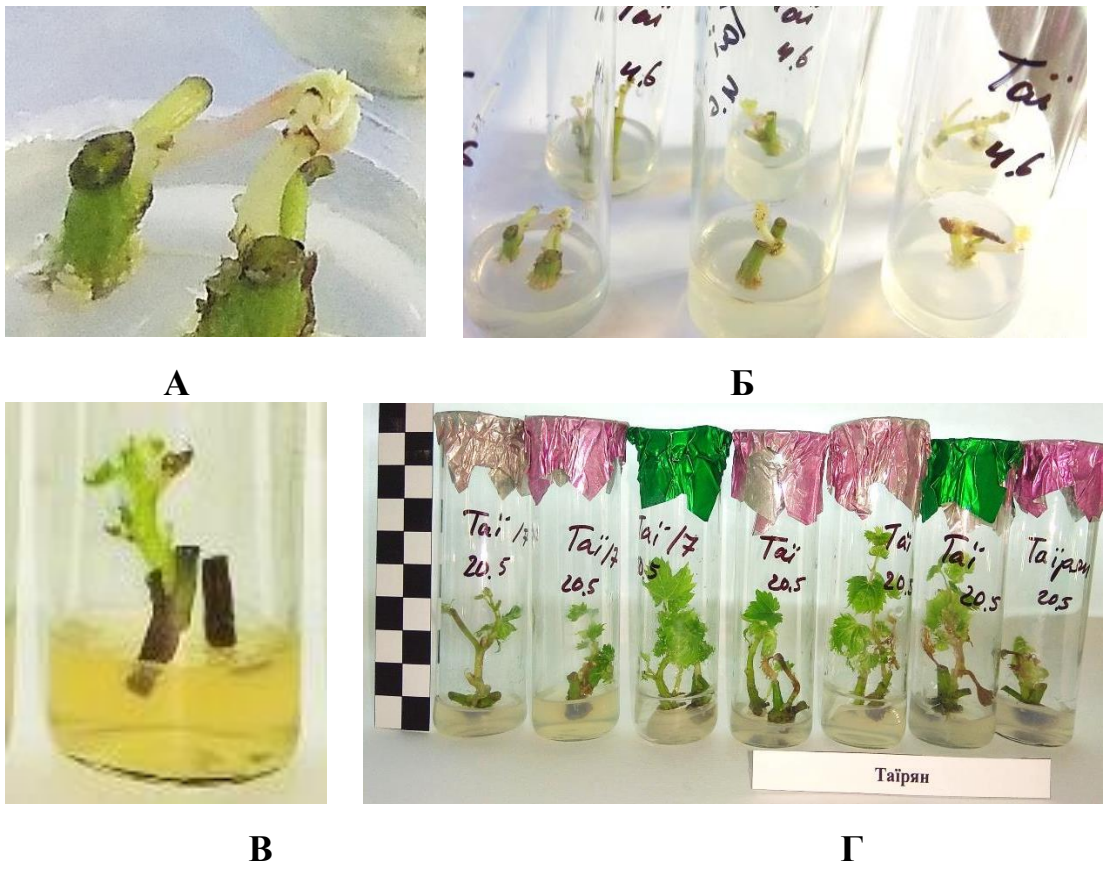
При проведенні досліджень визначали: приживлюваність ініціальних експлантів та інтенсивність проліферації пазушних бруньок експлантів, % (через 7, 15 та 30 діб), довжину пагонів та коренів, см, кількість листків та коренів, шт., площу листової поверхні, см<sup>2</sup>, біомасу коренів та пагонів, г (через 65-75 діб).

Розробка схем та закладання дослідів проводили у відповідності до загальних методологічних принципів «Методики польового досліджу» Б. О. Доспехова (1985), отримані результати обробляли методом варіаційної статистики і прикладним пакетом програм Microsoft Excel.

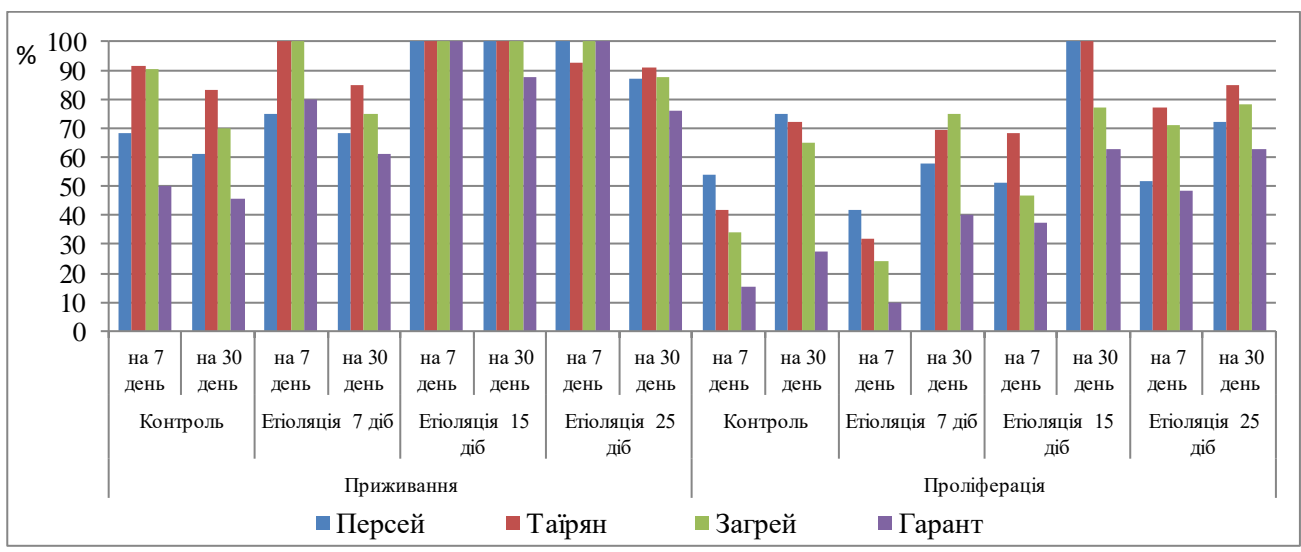
**Результати досліджень та їх обговорення.** *Етап введення ініціальних експлантів винограду в культуру in vitro.* На даному етапі основними проблемами є затримка проліферації вічок експлантів, їх фенольне окислення, некроз тканин. Застосування прийому етіоляції дозволяє запобігти цим явищам та покращує приживання та розвиток експлантів (рис. 1).

Встановили, що у контрольному варіанті на 30-у добу після введення приживалось у середньому 60,9% експлантів сорту Персей, 45,5 % експлантів сорту Гарант (показники низькі через некроз тканин експлантів), 83,3 % експлантів сорту Таїрян, 70,0 % експлантів сорту Загрей (рис. 2). Проліферація пазушних вічок експлантів розпочиналась на 5-7 день та досягала масовості на 20-30 день. На цей час найвищі показники проліферації відмічали у сорту Персей – у 75,0 % експлантів, а найнижчі – у сорту Гарант – у 27,3 % експлантів. Розвиток коренів спостерігали у одиничних експлантів на 25-30-й день після висаджування. Слід зазначити, що у частини експлантів спостерігали ознаки некрозу та відмирання, а також фенольне окислення середовища навіть після успішної проліферації вічка, таке відмічено, зокрема, у 22,8 % експлантів сорту Персей, у 33,5 % експлантів сорту Таїрян та у 45,8 % експлантів сорту Гарант.

Зеленянська Н.М., Гоголінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.



**Рис. 1. Ведення винограду в культуру *in vitro*. А. Етіюльований експлант винограду сорту Таїрян (велике збільшення). Б. Проліферація етіюльованих експлантів винограду після етіюляції протягом 25 діб. В. Експлант винограду сорту Гарант з фенольним окисненням середовища. Г. Експланти винограду сорту Таїрян після етіюляції протягом 7 діб (зліва) та контрольні експланти (30 доба після висаджування).**



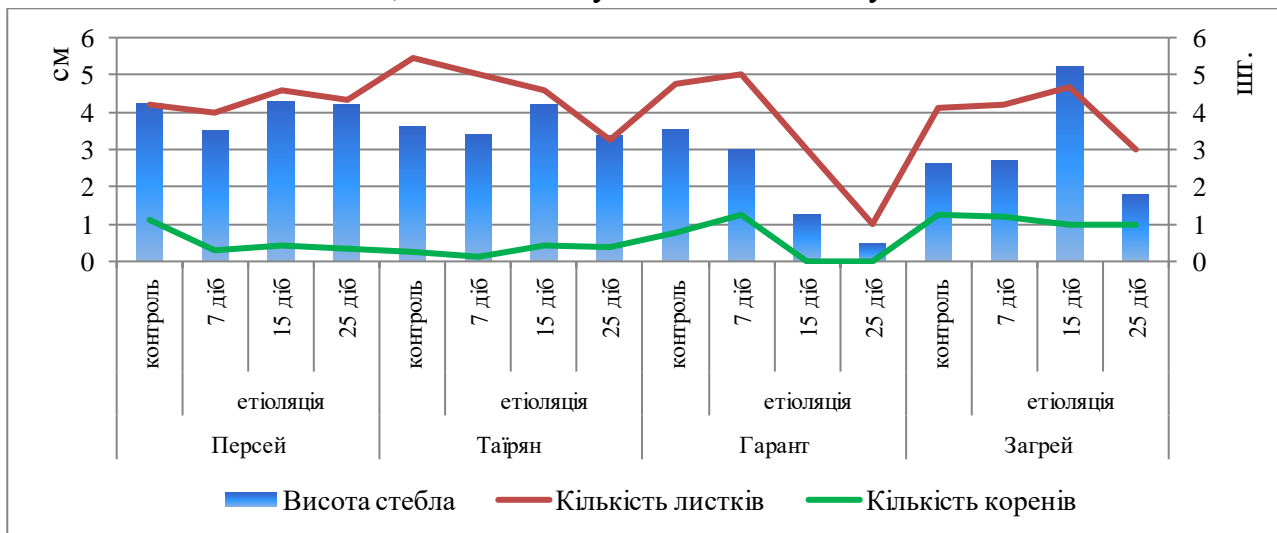
**Рис. 2. Вплив тривалості етіюляції на приживання та проліферацію пазушних бруньок експлантів винограду**

Зеленянська Н.М., Гоголінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

Після застосування прийому етіюляції тривалістю 7 діб у експлантів відмічено вищі, порівняно з контролем, показники приживання та проліферації експлантів сортів Таїрян (84,6-100,0 %) та Загрей (75-100 %), для інших сортів істотної різниці з контролем не відмічено. Етіюляція протягом 15-25-и діб також сприяла приживанню (до 87,5-100 %) та проліферації (до 50,0-76,9 %) експлантів усіх досліджуваних сортів винограду, також у окремих випадках на 7-15-у добу після висаджування спостерігали появу коренів.

Через 75 діб культивування проводили біометричні обліки росту та розвитку експлантів. Встановили, що найдовше стебло, найбільшу

кількість листків та коренів мали рослини після витримування експлантів у темряві протягом 15-и діб (рис. 3). Так, експланти сортів Таїрян та Персей добре розвивались, в середньому їх пагони мали висоту 4,2-4,3 см, що більше контролю на 13,2-16,7 %, листків було 4,6-4,7 шт., а коренів – 0,4-1,0 шт. У дослідних експлантів сорту Загрей розвивалися пагони довжиною 4,8 см, що перевищує контроль на 84,6 %, а кількість листків була більшою на 14,6 %, кількість коренів залишалася на рівні контролю. Експланти сорту Гарант за впливу етіюляції розвивались гірше, ніж на світлі, таку ж динаміку розвитку спостерігали і в подальшому.



**Рис. 3. Біометричні показники росту та розвитку експлантів винограду за різної тривалості етіюляції**

Після проведення обліків експланти з розвиненими пагонами переносили на нове поживне середовище, доповнене ІОК. Через 2,5 місяці було відмічено більш рівномірний розвиток експлантів за всіма дослідними варіантами, лише

для сорту Загрей відзначено найінтенсивніший розвиток стебла (10,7 см) та коренів (4,3 шт.) у варіанті з етіюляцією тривалістю 15 діб (на етапі введення).

*Етап укорінення мікрочубуків у культурі in vitro.* На етапі

Зеленянська Н.М., Гоголінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

чубукування чи власне мікророзмноження винограду частим випадком є затримка розвитку коренів та, як наслідок, розвитку мікроклону. Вирішенням проблеми є відбір чубуків для розмноження з середньої частини стебла рослини, індивідуальний для кожного сорту підбір вмісту та співвідношення фітогормонів у середовищі, що не є зручним в умовах масового розмноження. З огляду на це було досліджено вплив прийому етіоляції і на розвиток мікрочубуків винограду. Однак, після періоду етіоляції 15 діб у багатьох чубуків відмітили блідіше забарвлення листкової пластинки та затримку росту пагонів, тому згодом

від цього варіанту відмовилися. Найкращі результати отримали після застосування прийому етіоляції протягом 7 діб. Приживання чубуків було на рівні 69,2-85,0 %, проліферація вічка – 53,8-85,0%, а ризогенез відмітили у 69,2-100 % чубуків, що перевищувало контрольні показники. Появу корневих горбиків на базальному кінці чубуків спостерігали уже на 5-7-у добу після висаджування. Через 2,5 місяці культивування за показником висота стебла виділялись дослідні мікроклони сортів Одісей, Ароматний та Добриня, у яких порівняно з контрольними вказані величини були більшими на 12,9-29,8 % (табл. 1).

### 1. Показники росту та розвитку пагонів та листків мікроклонів винограду за впливу етіоляції протягом 7 діб

Сорт	Висота стебла, см	Кількість листків, шт.	Середній діаметр листків, см	Площа листків, см <sup>2</sup>	Волога маса приросту, г	Суха маса приросту, г	Вміст води, %
Контроль							
Аркадія	6,2	6,4	1,9	21,4	0,417	0,055	86,8
Одісей	5,7	4,5	2,1	10,7	0,253	0,035	85,9
Каберне Совіньйон	8,2	7,3	1,4	14,5	0,328	0,039	88,2
Загрей	6,2	5,0	2,1	19,3	0,378	0,052	86,3
Ароматний	9,9	10,0	1,9	32,7	0,570	0,065	88,6
Ярило	10,8	7,6	2,3	31,2	0,682	0,081	88,1
Добриня	11,8	7,4	1,7	23,7	0,584	0,063	89,2
Етіоляція 7 діб							
Аркадія	6,6	5,6*	1,8	15,7*	0,392	0,052	86,8
Одісей	7,4*	6,3*	1,5*	13,4	0,288	0,040	86,0
Каберне Совіньйон	8,2	7,1	1,6	16,3	0,479*	0,060	87,5
Загрей	6,4	7,7*	1,8	20,6	0,282*	0,043	84,9
Ароматний	11,4*	10,5	1,7	24,2*	0,459	0,055	88,0
Ярило	10,2	8,4	1,8*	26,0*	0,559*	0,064	88,6
Добриня	14,3*	7,7	1,8	25,4	0,667*	0,077	88,4
НІР <sub>0,05</sub>	1,53	1,08	0,29	3,36	0,07	0,03	

Зеленянська Н.М., Гогулінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

Кількість листків була більшою у дослідних мікроклонів сортів Одісей, Загрей, Ароматний та Ярило (на 10,5-54,0 %), однак діаметр листків та площа листової поверхні були меншими порівняно з контролем. Лише у мікроклонів сортів Каберне Совіньйон та Добриня цей показник був більшим, ніж у контрольних рослин на 7,2-12,4 %.

Біомаса приросту переважно була більшою у контрольних рослин, ніж у етіюльованих, за винятком сортів Каберне Совіньйон та Добриня. Однак, більшу біомасу коренів відмічено у дослідних мікроклонів (табл. 2). Так, наприклад, у технічних сортів (крім сорту Загрей) та у підщепного сорту Добриня маса коренів перевищувала контрольні значення на 20,1-23,0 %.

## 2. Показники росту та розвитку коренів мікроклонів винограду за впливу етіюляції протягом 7 діб

Сорт	Кількість коренів I порядку, см	Довжина коренів I порядку, см	Кількість коренів II порядку, шт.	Довжина коренів II порядку, см	Волога маса коренів, г	Суха маса коренів, г	Вміст води, %	Розмір ризогенної зони, мм
Контроль								
Аркадія	4,3	7,3	6,1	1,5	0,178	0,024	86,5	2,5
Одісей	3,8	6,8	1,2	0,8	0,116	0,013	88,8	2,0
Каберне Совіньйон	8,0	5,1	2,3	1,0	0,130	0,014	89,1	3,5
Загрей	3,8	4,0	2,3	0,8	0,102	0,014	86,3	1,7
Ароматний	5,2	5,6	4,4	1,3	0,152	0,019	87,5	2,5
Ярило	6,6	6,7	6,9	1,8	0,112	0,013	88,4	2,5
Добриня	8,1	5,6	4,2	2,7	0,654	0,066	89,9	3,8
Етіюляція 7 діб								
Аркадія	4,9	6,6*	2,2*	1,4	0,147	0,018	87,8	2,8
Одісей	4,3	5,8*	3,3*	1,6*	0,119	0,015	87,4	2,2
Каберне Совіньйон	8,9	3,9*	3,7*	1,3	0,186*	0,019	89,8	3,2
Загрей	5,0*	2,4*	1,9	0,9	0,107	0,013	88,1	2,0
Ароматний	6,9*	5,4	3,6	1,5	0,187	0,019	89,8	2,6
Ярило	6,1	5,1*	3,1*	1,4	0,173*	0,021	87,9	2,6
Добриня	8,4	4,9*	4,8	2,1*	0,786*	0,081	89,7	4,4*
НІР <sub>0,05</sub>	1,00	0,67	1,13	0,50	0,05	0,02		0,46

Встановили, що кількість коренів I порядку у дослідних рослин винограду була більшою на 0,4-1,2 шт. залежно від сорту, а їх довжина була більшою у контрольних рослин на 0,2-1,6 см. За кількістю та

довжиною коренів II порядку виділялись мікроклони сортів Добриня, Каберне Совіньйон, Ароматний.

Найбільшу величину ризогенної зони – 4,4 мм визначили у дослідних

Зеленянська Н.М., Гогулінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

мікроклонів сорту Добриня, загалом, як і у дослідних рослин майже всіх сортів, що в поєднанні з іншими показниками розвитку кореневої системи підтверджує позитивний вплив прийому етіоляції на укорінення та розвиток мікрочубуків винограду.

Отримані результати узгоджуються з даними інших авторів. Введення попередньо пророщених у темряві лоз винограду сприяло приживанню експлантів винограду *in vitro* (Sharma, 1995). Також при пророщуванні *in vitro* експлантів орхідеї *Cattleya labiata* Anderson та інші дослідники (2017) виявили, що кількість проліферуючих пагонів та довжина сегмента стебла збільшувалась під впливом етіоляції.

Краще приживалися етіольовані протягом 15 днів експланти авокадо, у них відмічено нижчий відсоток фенолізації. Також у етіольованих експлантів розвивалися довші пагони (Osorio et al., 2018).

У наших дослідженнях відмічено, що маса пагонів та листків мікроклонів була більшою в умовах освітлення, у статті Anderson та ін. (2017) вказано, що загальна суха маса проростків орхідеї *Cattleya labiata* також зростала у рослин, розміщених на світлі. Кількість коренів у них була більшою, ніж у етіольованих проростків. Укорінення *Acacia mangium* відбувалося швидше та кількість адвентивних коренів була більшою саме у темряві, ніж за

стандартних умов освітлення 16/8. З іншого боку, світло стимулювало подовження коренів (Monteuuis, Bon, 2000), ці результати узгоджуються з нашими.

### **Висновки і перспективи.**

Застосування прийому етіоляції протягом 15 діб на етапі введення ініціальних експлантів винограду в культуру *in vitro* позитивно впливало на їх приживання та подальший розвиток. Порівняно з контролем приживання експлантів збільшувалось на 1,3-10,0 %, а інтенсивність проліферації пазушних бруньок – на 1,9-22,7 % в залежності від сорту. Розвиток дослідних експлантів був кращим і після пересадки – висота стебла була більшою на 0,6-2,6 см, а кількість листків на 0,4-0,9 шт., ніж у контрольних рослин. На етапі мікророзмноження винограду оптимальним було застосування прийому етіоляції протягом 7 діб. В середньому по досліджуваних сортах показники приживання та проліферації збільшувалися на 4,2-12,5 % та на 3,4-10,8 % відповідно. Також етіоляція сприяла розвитку пагонів та коренів, позитивно впливала на збільшення довжини та біомаси коренів.

У наступній роботі планується проаналізувати зміни коефіцієнту розмноження різних сортів винограду за умови застосування етіоляції на різних етапах мікроклонального розмноження рослин, оскільки цей

прийом є ефективним для отримання більшої кількості життєздатних експлантів та мікроклонів винограду.

### Список використаних джерел

1. Система сертифікованого виноградного розсадництва України: [монографія] / за ред. В.В. Власова. НААН України, Нац. наук. центр "Ін-т виноградарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова". Київ: Аграр. наука, 2015. 287 с.
2. Yancheva S., Marchev P., Yaneva V., Roichev V. & Tsvetkov I. In vitro propagation of grape cultivars and rootstocks for production of pre-basic planting material. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. Vol. 24(5). P. 801–806.
3. Golino D.A., Fuchs M., Sim S., Farrar K., Martelli G.P. Improvement of grapevine planting stock through sanitary selection and pathogen elimination. In book: *Grapevine Viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management*; Springer: Cham, Switzerland. 2017, Pp.561-579. DOI:10.1007/978-3-319-57706-7\_27
4. Зеленянская Н.Н. Технология размножения винограда с использованием культуры тканей in vitro. *Виноград*. 2009. № 3. С. 50-53.
5. *Biotechnology of fruit and nut crops* / edited by Richard E. Litz. Boston: CABI Publishing, 2020. 724 p. ISBN 9781780648293
6. Peros J.-P., Torregrosa L., Berger G. Variability among *Vitis vinifera* cultivars in micropropagation, organogenesis and antibiotic sensitivity. *J. of Experimental Botany*. 1998. Vol. 49, № 319. P. 171-179.
7. Torregrosa L., Bouquet A., Goussard P.G. In vitro culture and propagation of grapevine, In: Roubelakis-Angelakis K.A., (Ed.), *Molecular Biology and Biotechnology of Grapevine*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2000. Pp. 195–240. DOI:10.1007/978-94-017-2308-4\_12
8. Tasiu Isah. Adjustments to in vitro culture conditions and associated anomalies in plants. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*. 2015. Vol. 57 (2). P. 9–28. DOI: 10.1515/abcsb-2015-0026
9. Sharma H.C., Sharma R.R., Goswami A.M. Effect of etiolation on polyphenol oxidase activity in shoots of grape and its subsequent in vitro survival. *Indian Journal of Horticulture*. 1995. Vol. 52 (2) P. 104-107. Print ISSN : 0972-8538.
10. Калинин Ф.Л., Кушнир Г.П., Сарнацька В.В. *Технологія мікроклонального розмноження рослин*. Київ: Наук. думка, 1992. 232 с.
11. Скрипченко Н.В. Динаміка вмісту фенольних речовин в пагонах актинідії та регенераційна здатність при розмноженні. *Вісник харківського національного аграрного університету. Серія «Біологія»*. 2009. Вип. 1 (16). С. 63–67.
12. Singh S.K., Khawale R.N., Singh S.P. Effect of season, type of explant and pre-treatments to minimize polyphenols exudation on in-vitro culture establishment in grape. *Indian Journal of Horticulture*. 2002. Vol. 59 (3). P. 233-238. Print ISSN : 0972-8538.
13. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Подгаєцький А.Ан. *Особливості мікроклонального розмноження видів рослин*. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 с.
14. Anderson Antonio de Jesus Rodrigues, Santos Eder de Oliveira, Takane Roberto Jun et al. Artificial light and growth regulators on the in vitro etiolation of *Cattleya labiata*. *Rev. Ciênc. Agron.* 2017. Vol. 48 (2). P. 296-302. DOI: 10.5935/1806-6690.20170034
15. Smith D.L. Ethylene associated phase change from juvenile to mature phenotype of daylily. *Physiol. Plantarum*. 1989. Vol. 76. P. 466-473.
16. Marks T.R. Rhododendron cuttings. I. Improved rooting following 'rejuvenation' in vitro. *J. Hort. Sci.* 1991. Vol. 66. P.103-111.
17. Zimmerman R.H. Factors affecting in vitro propagation of apple cultivars. *Acta Hort.* 1983. Vol. 131. P. 171-178. DOI: 10.17660/ActaHortic.1983.131.19).
18. Osorio C.R., Velásquez F.A.G., Correal A.G., Torres B., Urrea A. In vitro propagation of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass through morphogenesis. *Acta Agronómica*. 2018. Vol. 67 (1). P. 160-167. DOI:10.15446/acag.v67n1.61474
19. Monteuuis O., Bon M. Influence of

Зеленянська Н.М., Гогулінська О.І., Артюх М. М., Борун В.В.

auxins and darkness on in vitro rooting of micropropagated shoots from mature and juvenile *Acacia mangium*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 2000. Vol. 63. P. 173-177. DOI:10.1023/A:1010611126950

20. Gray D., Li Z., Dutt M., Dhekney S. Transgenic plants from shoot apical meristems of *Vitis vinifera* L. "Thompson Seedless" via *Agrobacterium*-mediated transformation. *Plant Cell Reports*. 2008. Vol. 26 (12). P. 2101-10. DOI:10.1007/s00299-007-0424-6

### References

1. Vlasov, V.V. (Ed.). (2015). System of certified grape nurseries of Ukraine. Kyiv: Agricultural science.

2. Yancheva, S., Marchev, P., Yaneva, V., Roichev, V. & Tsvetkov, I. (2018). In vitro propagation of grape cultivars and rootstocks for production of pre-basic planting material. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(5), 801–806.

3. Golino, D.A., Fuchs, M., Sim, S., Farrar, K., Martelli, G.P. (2017). Improvement of Grapevine Planting Stock Through Sanitary Selection and Pathogen Elimination.. In book: *Grapevine Viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management*. Springer: Cham, Switzerland. (pp.561-579) DOI:10.1007/978-3-319-57706-7\_27

4. Zelenianskaia, N.N. (2009). Grape propagation technology using in vitro tissue culture. *Grape*, 2009, 50-53.

5. Litz, R.E. (Ed.). (2020). *Biotechnology of fruit and nut crops*. Boston : CABI Publishing. ISBN 9781780648293

6. Peros, J.-P. (1998). Variability among *Vitis vinifera* cultivars in micropropagation, organogenesis and antibiotic sensitivity. *J. of Experimental Botany*, 49 (319), 171-179.

7. Torregrosa, L., Bouquet, A., Goussard, P.G. (2000). In vitro culture and propagation of grapevine, In: Roubelakis-Angelakis K.A., (Ed.), *Molecular Biology and Biotechnology of Grapevine*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 195–240 DOI:10.1007/978-94-017-2308-4\_12

8. Tasiu I. (2015). Adjustments to in vitro culture conditions and associated anomalies in plants. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 57/2, 9–28. DOI: 10.1515/abscb-2015-0026

9. Sharma, H.C., Sharma, R.R., Goswami, A.M. (1995). Effect of etiolation on polyphenol oxidase activity in shoots of grape and its subsequent in vitro survival. *Indian Journal of Horticulture*, 52 (2), 104-107. Print ISSN : 0972-8538.

10. Kalynyn, F.L., Kushnyr, H.P., & Sarnatska, V.V. (1992). Technology of microclonal propagation of plants. Kyiv: Scientific thought.

11. Skrypchenko, N. V. (2009). Dynamics of the content of phenolic substances in actinidia shoots and regeneration capacity during reproduction. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Biology"*, 1 (16), 63–67.

12. Singh, S.K., Khawale, R.N., Singh, S.P. (2002). Effect of season, type of explant and pre-treatments to minimize polyphenols exudation on in-vitro culture establishment in grape. *Indian Journal of Horticulture*, 59 (3), 233-238. Print ISSN : 0972-8538.

13. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Podhaietskyi, A.An. (2018). Peculiarities of microclonal propagation of plant species. Bila Tserkva: BNAU.

14. Anderson Antonio de Jesus Rodrigues, Santos Eder de Oliveira, Takane Roberto Jun et al. (2017). Artificial light and growth regulators on the in vitro etiolation of *Cattleya labiata*. *Rev. Ciênc. Agron.* 48 (2), 296-302. DOI: 10.5935/1806-6690.20170034

15. Smith, D.L. (1989). Ethylene associated phase change from juvenile to mature phenotype of daylily. *Physiol. Plantarum*, 76, 466-473.

16. Marks, T.R., (1991). Rhododendron cuttings. I. Improved rooting following 'rejuvenation' in vitro. *J. Hort. Sci.*, 66, 103-111.

17. Zimmerman, R.H. (1983). Factors affecting in vitro propagation of apple cultivars. *Acta Hort.*, 131, 171-178. DOI: 10.17660/ActaHortic.1983.131.19).

18. Osorio C.R., Velásquez F.A.G., Correal A.G., Torres B., Urrea A. (2018). In vitro propagation of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass through morphogenesis. *Acta Agronómica*, 67 (1), 160-167. DOI: [10.15446/acag.v67n1.61474](https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.61474)

19. Monteuuis, O., Bon, M. (2000). Influence of auxins and darkness on in vitro

Зеленянська Н.М., Гогулінська О. І., Артюх М. М., Борун В.В.

rooting of micropropagated shoots from mature and juvenile *Acacia mangium*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 63, 173-177.  
DOI:10.1023/A:1010611126950

20. Gray, D., Li, Z., Dutt, M., Dhekney,

S. (2008). Transgenic plants from shoot apical meristems of *Vitis vinifera* L. "Thompson Seedless" via *Agrobacterium*-mediated transformation. *Plant Cell Reports*, 26(12), 2101-10. DOI:10.1007/s00299-007-0424-6

## APPLICATION OF ETIOLATION OF GRAPE EXPLANTS IN VITRO CULTURE

N. M. Zelenyanska, O. I. Gogulinska, M. M. Artiukh, V. V. Borun

**Abstract.** *Micropropagation of grapes is used to obtain original and certified planting material for planting mother plants. The decrease in the efficiency of microclonal reproduction is associated with difficulties at the stages of introducing explants into in vitro culture and rooting. The method of etiolation is simple to use and allows you to prevent phenolic oxidation of explants, has a positive effect on increasing the length of shoots and the number of roots. The purpose of the research was to determine the effectiveness of etiolation at the stages of introducing explants and rooting microcuttings in in vitro culture. The work was carried out in the laboratory of in vitro grape culture of the department of grape nursery, propagation and biotechnology of the National Scientific Centre «V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking» NAAS of Ukraine according to the generally accepted method on table, technical and grafted varieties of grapes. Etiolation was applied in two stages: introduction of initial grape explants into in vitro culture (for 7, 15, and 25 days) and rooting of grape microcuttings (for 7 and 15 days). The survival and proliferation of explants, the main biometric indicators of growth and development of microclones were determined. It was established that at the stage of introduction of initial explants of grapes into in vitro culture, the use of etiolation for 15 days, and at the stage of micropropagation - for 7 days, had a positive effect on rooting, proliferation of axillary buds and further development of explants and microcuttings. The height of the stem of the experimental microclones was 0.6-2.6 cm higher, and the number of leaves was 0.4-0.9 more than that of the control plants. Also, etiolation had a positive effect on the increase in the length and biomass of roots in microcuttings. In the future, it is planned to analyze changes in the in vitro reproduction coefficient of various grape varieties under the influence of etiolation.*

**Key words:** *grapes, etiolation, initial explants, microcuttings, survival, proliferation, shoot length, roots*

**How to Cite:** Zelenyanska, N., Gogulinska, O., Artiukh, M., & Borun, V. (2024). Application of etiolation of grape explants in vitro culture. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.001](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.001)

**ЕКОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ГРИБІВ КЛАСУ *DOTHIDEOMYCETES* У СКЛАДІ СТЕПОВИХ ЕКОСИСТЕМ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ****О. В. КОРОЛЬОВА**, кандидат біологічних наук, доцент*Чорноморський національний університет імені Петра Могили*

E-mail: korolyova@chmnu.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.002](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.002)

**Анотація.** У статті розглянуто екологічні структуру видового складу грибів класу *Dothideomycetes* та особливості її формування в умовах степових екосистем степової зони України. Матеріалами роботи були оригінальні мікологічні збори, проведені в рамках мікологічного обстеження даної території протягом 2008-2020 рр., спорадичні збори 2021 та 2023 рр., а також матеріали гербарію Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України (KW). Гербарні збори та ідентифікацію зразків проводили згідно із загальноприйнятими методиками камеральної обробки ксилотрофних, герботрофних та копротрофних мікроміцетів. У результаті наших досліджень встановлено характерні особливості екологічної структури дослідженої мікобіоти, зокрема, домінування сапротрофів (103), герботрофних видів (74). Фітотрофні види мікроміцетів розвиваються на 120 видах судинних рослин, причому найбільша кількість грибів (65) відмічена на рослинах родини *Asteraceae*. Найсуттєвішими еколого-біологічними особливостями досліджуваної мікобіоти в умовах степових угруповань степової зони України є формування стійких консортивних зв'язків зі значною різноманітністю вищих рослин, зональна та сезонна зміна стацій як адаптаційний механізм для розселення досліджуваних видів грибів. Перспективою подальших досліджень є вивчення змін видової структури мікроміцетів за умов антропогенного впливу в степових екосистемах степової зони України.

**Ключові слова:** *Dothideomycetes*; екологічна структура; степові угруповання; степова зона України

**Актуальність.** Специфіка географічного розташування та особливості екологічних умов степової зони України сприяли розвитку багатой та оригінальної флори судинних рослин, що утворює різноманітні комплекси рослинності, які відрізняються ценотичною розмаїтістю, екологічною та генезисною неоднорідністю. Природна степова рослинність

дослідженої території представлена лучними, петрофітними, різнотравно-злаковими, злаковими, піщаними, полиново-злаковими, полиновими степами (Фігорізноманіття..., 2012). Степові ділянки в різній мірі антропогенно трансформовані, але залишки еталонної природної рослинності зберіглися в складі степових заповідників. Так, природні комплекси ксерофітного варіанту

Корольова О. В.

різнотравно-типчакowo-ковилових степів охороняються в Українському степовому заповіднику (відділення „Хомутовський степ”, „Кам’яні могили”, „Крейдяна флора”), гігрофітного та петрофітного варіантів різнотравно-типчакowo-ковилових степів – в Луганському природному заповіднику (відділення „Стрілецький степ” та „Провальський степ” відповідно), петрофітні степи – Національному природному парку „Святі гори”, Регіональному ландшафтному парку „Гранітно-Степове Побужжя”, піщані степи – Дніпровсько-Орільському природному заповіднику, Чорноморському біосферному заповіднику, РЛП „Олешківські піски”, „Кінбурнська коса”, типчакowo-ковилові степи – Природному заповіднику „Єланецький степ”, Біосферному заповіднику „Асканія-Нова”, галофітно-степові ценози та полинові типчакowo-ковилові степи – в Національному природному парку „Бузький Гард”, Азово-Сиваському Національному природному парку тощо (Фіторізноманіття..., 2012).

Базуючись на даних наших попередніх досліджень (Корольова, 2016; Корольова, 2020), можна стверджувати, що в кожному із численних біотопів різних типів степової рослинності під впливом ценотичних умов складаються характерні комплекси видів локулоаскоміцетів, які відрізняються

один від одного не тільки за систематичною, але і за екологічною структурою.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В екологічних дослідженнях угруповань необхідним є вивчення їх грибних компонентів (Bruns, 2019). Мікроскопічні гриби є невід’ємними компонентами біоценозів, утворюючи мікоценози і консортивні зв’язки із рослинами в складі лісових (Crous, Wingfield, 2018), лучних (Li et al, 2018) степових угруповань (Han et al, 2024), і навіть льодовиків (Borzęcka et al, 2022). Гриби класу Dothideomycetes в числі інших мікроскопічних грибів виступають обов’язковими складовими трофічних ланцюгів, виконують функції первинних деструкторів рослинних решток та сприяють їх мінералізації, або мають значення як фітопатогенні види. Як відомо, поширення фітотрофних мікроскопічних грибів залежить від наявності рослин-субстратів (Crous, Wingfield, 2018; Pereira et al, 2016; Solis et al, 2015), типу рослинності та параметрів оточуючого середовища (Li et al, 2018; Koide et al, 2017; Sheng et al, 2019), приуроченості до певних органів рослин та періоду року (Johansen et al, 2016; Martins et al, 2016), локальних і географічних умов (Hazard et al, 2013) – як в природних, так і антропогенно трансформованих екосистемах (Matsumura, Fukuda, 2013; Panelli et al, 2017).

Корольова О. В.

**Мета дослідження** – встановлення особливостей екологічної структури грибів класу *Dothideomycetes* (локулоаскоміцетів) степових екосистем в умовах степової зони України шляхом вивчення їх диференціації за субстратною приуроченістю та трофічною спеціалізацією.

**Матеріали і методика досліджень.** Матеріалами роботи стали оригінальні мікологічні збори, проведені в степових угрупованнях степової зони України в рамках мікологічного обстеження цієї території протягом 2008-2019 рр., спорадичні збори 2021 та 2023 рр., а також матеріали гербарію Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України (KW). Дослідженням охоплені біотопи степової рослинності на територіях 2 біосферних заповідників (Чорноморський біосферний заповідник, „Асканія-Нова” імені Ф. Фальц-Фейна), Національного заповідника „Хортиця”, 4 природних заповідників (Український степовий природний заповідник, Луганський природний заповідник, Дніпровсько-Орільський природний заповідник, Природний заповідник „Сланецький Степ”), 4 національних природних парків („Олешківські піски”, „Білобережжя Святослава”, „Бузький Гард”, Азово-Сиваський національний природний парк). До аналізу також були включені мікологічні зразки з окремих ділянок

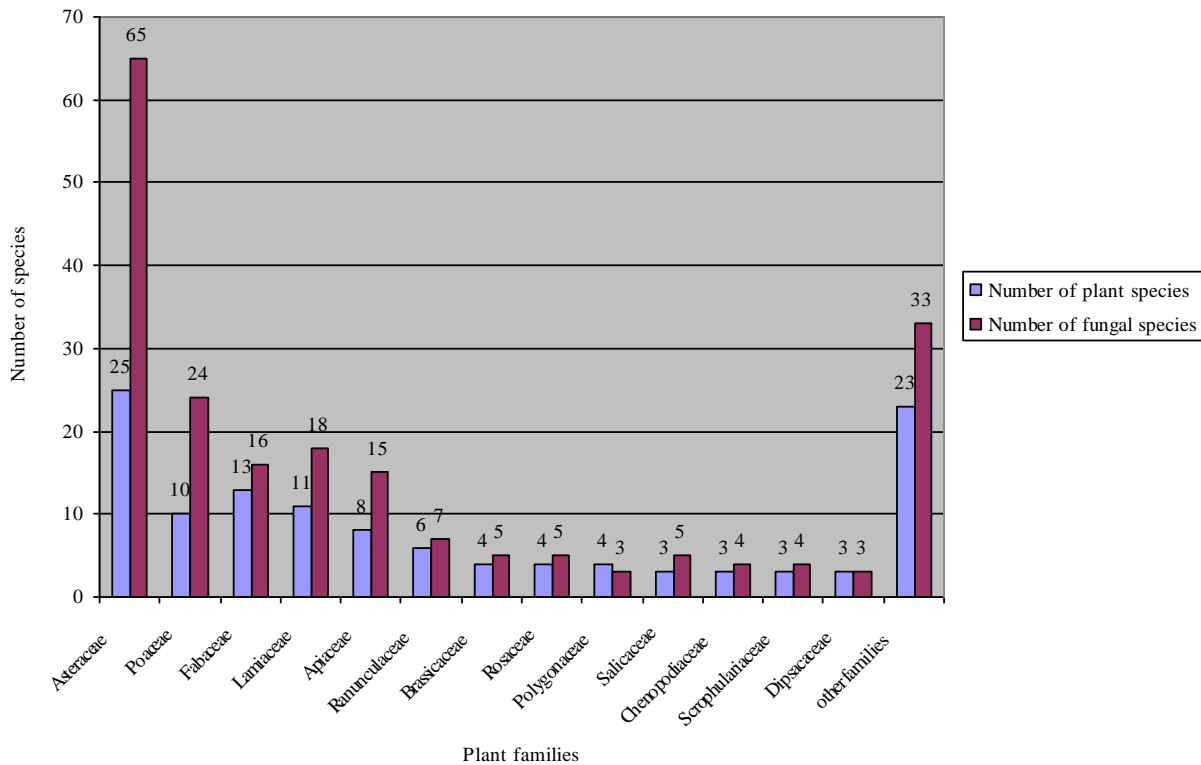
природної степової рослинності, що мозаїчно зберіглися на дослідженій території в складі природоохоронних об’єктів місцевого значення. Збирання, гербаризація та ідентифікація зразків виконані за загальноприйнятими методиками камеральної обробки ксилотрофних, герботрофних та копротрофних мікроміцетів (Корольова, 2016, 2020); для встановлення таксономічної належності видів застосований метод світлової мікроскопії. Ідентифікацію видів локулоаскоміцетів виконано з урахуванням сучасних таксономічних зведень, видові назви грибів наведені за базою даних „Index Fungorum”. Для аналізу використані характеристики видових комплексів локулоаскоміцетів угруповань степової зони, розглянуті в наших попередніх роботах (Корольова, 2016, 2020), згідно яких екологічному аналізу підлягали 123 види з 38 родів 19 родин 6 порядків 2 підкласів класу *Dothideomycetes*.

**Результати досліджень та їх обговорення.** У результаті наших досліджень, встановлено, що екологічна структура видового складу класу *Dothideomycetes* степових угруповань досить різноманітна. За субстратною приуроченістю серед знайдених в степових угрупованнях видів локулоаскоміцетів домінують герботрофи (74 види), представлені також ксилотрофи (28 видів), філотрофи (14) та копрофіли (7). Фітотрофні представники

Корольова О. В.

консортивно пов'язані із 120 видами рослин з 88 родів 36 родин та їх різноманітними залишками. Найбільшу кількість видів грибів

асоційовано із представниками родини Asteraceae, значна їх кількість – із Poaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Apiaceae (рис. 1).



**Рис. 1. Кількісний розподіл видів грибів класу Dothideomycetes степових рослинних угруповань степової зони України за таксонами живильних рослин**

Найбільшу кількість локулоаскомітетів зафіксовано на домінантах та едіфікаторах степових рослинних формацій – *Artemisia marschalliana* Spreng. (19 видів), *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv., *Tanacetum vulgare* L. (по 6 видів), *Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka, *Koeleria sabuletorum* (Domin) Klokov та *Thymus borysthenticus* Klokov & Des.-Shost. (по 5 видів). Із рештою 116 видами рослин асоційовано по 1-3 види локулоаскомітетів-консортивів.

Двадцять чотири види грибів відмічено на неідентифікованих рослинних рештках, серед яких переважали субстрати трав'янистого походження. Окремі види (наприклад, *Dothidea sambuci* (Pers.) Fr., *Cucurbitaria acervata* (Fr.) Ces. & De Not., *Ophiobolus vulgaris* (Sacc.) Sacc. тощо) знайдені в степу як на трав'янистих, так і на деревних рослинах-субстратах. В цілому, різноманіття субстратів в степу сприяє поширенню як герботрофних, так і ксилотрофних мікроміцетів.

Корольова О. В.

Ряд видів локулоаскомітетів відмічено у маргінальних місцезростаннях на межі угруповань степу із лісовими та лучними угрупованнями, де вони трапляються на лісових та лучних рослинах (наприклад, *Pulsatilla taurica* Juz., *Thalictrum minus* L., *Betonica officinalis* L., *Gentiana acaulis* L., *Ficaria verna* Huds. тощо). На антропогенно трансформованих ділянках степів локулоаскоміцети поширені також і на рудеральних рослинах – *Arctium lappa* L., *Artemisia vulgaris* L., *Daucus carota* L., *Urtica dioica* L. тощо.

Локулоаскоміцети в степових угрупованнях відмічені на субстратах не тільки рослинного, але і тваринного походження. Це, зокрема, копрофільні види з родів *Delitschia* (*D. auerswaldii* Fuckel) та *Sporormiella* (*S. australis* (Speg.) S.I. Ahmed & Cain, *S. intermedia* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain ex Kobayasi, *S. lageniformis* (Fuckel) S.I. Ahmed & Cain, *S. minima* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain, *S. tomilini*, *S. vexans* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain) знайдені на екскрементах тварин. Необхідно відмітити, що дана субстратна група локулоаскомітетів майже не досліджена в степових угрупованнях та її подальше вивчення представляється нам досить перспективним.

За трофічною спеціалізацією переважна більшість розглянутих видів належить до сапротрофів (103

види), але також наявні представники плеоморфних гемібіотрофів (20 видів), частина життєвого циклу яких проходить на певних видах живих рослин, а на мертвих трав'янистих та деревних субстратах вони розвиваються як сапротрофи. Розглянуті еколого-трофічні особливості локулоаскомітетів степових угруповань ілюструють їх здатність до широкої субстратної приуроченості,

Як зазначають дослідники, умови різноманітних типів степу створюють гетерогенне середовище існування для мікроорганізмів (Sheng et al, 2019). Порівняння субстратної приуроченості досліджених видів грибів показало, що в посушливих піщано-степових та полиново-степових рослинних угрупованнях спостерігається більш широке розселення гербосапротрофних видів в порівнянні із лучно-степовими угрупованнями, що зумовлено накопиченням нерозкладеного трав'янистого сухостою в якості потенційного субстрату локулоаскомітетів. Подібні закономірності поширення грибних комплексів в залежності від типів степових ґрунтів і їх рослинності встановлені для ґрунтових мікромітетів (Sheng et al, 2019).

Для дослідженої території нами відмічені деякі характерні особливості розповсюдження локулоаскомітетів на поживних субстратах. Порівняльний аналіз

Корольова О. В.

видового складу локулоаскомітетів в степових та лісових угрупованнях (Корольова, 2016) степової зони дозволив виявити 13 спільних видів, серед яких 10 видів – на різних рослинах-субстратах. З їх числа, 8 видів в степу розвиваються на трав'янистих субстратах, а в умовах лісових угруповань – на дерев'янистих. Такі види із комбінованою субстратною приуроченістю можуть розглядатися як еврїтрофні, а зміна стацій цих видів – як один з механізмів адаптації і розповсюдження цих грибів.

У деяких гемібіотрофних видів на сапротрофній стадії життєвого циклу відсутня строга субстратна приуроченість, так само, як і у облигатних сапротрофів. Як уже вказувалося, таке явище спостерігалось нами для *Pleospora bjoerlingii* Byford, *Leptosphaeria maculans* Ces. & De Not., видів *Venturia* та ряду видів, анаморфи яких є спеціалізованими паразитами, а телеоморфа заселює будь-які придатні для життя субстрати. Таким чином, за умов зміни місцезростання та зміни стадій життєвого циклу, має місце зміна стацій; в просторі правило зміни місцезростання виражається в зональній і вертикальній зміні стацій, а в часі – в сезонній та річній зміні стацій. Виходячи із вищевикладеного, для локулоаскомітетів можна відмітити зональну та сезонну зміну стацій; зональна зміна стацій виражена еврїбіонтних видів

локулоаскомітетів, сезонна – у гемібіотрофних видів, що в цілому може розглядатися як пристосувальний механізм при розселенні досліджених видів грибів.

### **Висновки і перспективи подальших досліджень.**

Характерними особливостями екологічної структури дослідженої мікобіоти є переважання сапротрофів за трофічною спеціалізацією (103 види), герботрофів (74 види) – за субстратною приуроченістю. Фітотрофні локулоаскоміцети степових угруповань асоційовані із 120 видами рослин з 36 родин, серед яких найбільшу кількість – із представниками *Asteraceae*. Розглянуті еколого-трофічні особливості локулоаскомітетів ілюструють їх здатність до широкої субстратної приуроченості, що дозволяє вважати їх універсальними редуцентами в степових біоценозах.

Найбільш значущими еколого-біологічними особливостями дослідженої мікобіоти в умовах степових угруповань степової зони України є утворення стійких консортивних зв'язків із значною різноманітністю вищих рослин, зональна та сезонна зміна стацій як пристосувальний механізм при розселенні досліджених видів грибів. Перспективами подальших досліджень є вивчення змін видової структури мікромітетів за умов антропогенного впливу в степових екосистемах степової зони України.

## Список використаних джерел

1. Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України. Ч.1. Біосферні заповідники. Природні заповідники / за заг. ред. В.А. Онищенко і Т.Л. Андрієнко. Київ: Фітосоціоцентр, 2012. 406 с.
2. Корольова О. В. Гриби класу Dothideomycetes лісових рослинних угруповань степової зони України Вісник Національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Біологія. 2016. 71(1). С. 61–66. doi:10.17721/1728\_2748.2016.71.60-65
3. Корольова О. В. Таксономічна різноманітність грибів класу у складі степових екосистем степової зони України. Український журнал медицини, біології та спорту. 2020. Т. 5. № 4 (26). С. 373–378. doi: 10.26693/jmbs05.04.373
4. Bruns D.T. The developing relationship between the study of fungal communities and community ecology theory. *Fungal Ecology*. 2019. 39(June 2019). P. 393-402. doi:10.1016/j.funeco.2018.12.009
5. Crous P.W., Wingfield M.J. Fungi infecting woody plants: emerging frontiers. *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*. 2018. 40, June 2018. P. i-iii(3). doi: 10.3767/persoonia.2018.40.00
6. Li X., Wang J., Zhang Sh., Wang H., Li X., Li X., & Zhang H. Distribution of fungal endophytes in roots of *Stipa krylovii* across six vegetation types in grassland of northern China. *Fungal Ecology*. 2018. 31(February 2018). P. 47–53. doi:10.1016/j.funeco.2017.11.001
7. Han Q., Chen Y., Li Z., Zhang Z., Qin Y., Liu Z., Liu G. Changes in the soil fungal communities of steppe grasslands at varying degradation levels in North China. *Can J Microbiol*. 2024. Mar 1;70(3). P. 70-85. doi: 10.1139/cjm-2023-0105. Epub 2023 Dec 14.
8. Borzęcka J., Suchodolski J., Dudek B., Matyaszczyk L., Spychała C., Ogórek R. The First Comprehensive Biodiversity Study of Culturable Fungal Communities Inhabiting Cryoconite Holes in the Werenskiöld Glacier on Spitsbergen (Svalbard Archipelago, Arctic). *Biology*. 2022. 11(8), 1224; doi:10.3390/biology11081224
9. Pereira J. S., Costa R. R., Nagamoto N. S., Forti L. C., Pagnocca F. C., Rodrigues A. Comparative analysis of fungal communities in colonies of two leaf-cutting ant species with different substratum preferences. *Fungal Ecology*. 2016. 21(June 2016). P. 68–75. doi:10.1016/j.funeco.2016.03.004
10. Solis M.J.L., Dela Cruz Th.E., Schnittler M., Unterseher M. The diverse community of leaf-inhabiting fungal endophytes from Philippine natural forests reflects phylogenetic patterns of their host plant species *Ficus benjamina*, *F. elastica* and *F. religiosa*. 2015. *Mycoscience*. 57(2). P. 96-196. doi:10.1016/j.myc.2015.10.002
11. Koide R. T., Ricks K.D., Davis E. R. Climate and dispersal influence the structure of leaf fungal endophyte communities of *Quercus gambelii* in the eastern Great Basin, USA. *Fungal Ecology*. 2017. 30(December 2017). P. 19–28. doi:10.1016/j.funeco.2017.08.002
12. Sheng R., Li K., Zhang W., Wang H., Liu H., Zhu X. Differentiations of determinants for the community compositions of bacteria, fungi, and nitrogen fixers in various steppes. *Ecology and Evolution*. 2019. 9(7). P. 1-12. doi: 10.1002/ece3.4940 9
13. Johansen R. B., Johnston P., Mieczkowski P., Perry Ge.L.W., Robeson M.S., Martins F., Pereira J.A., Bota P., Bento A., Baptista P. Fungal endophyte communities in above- and belowground olive tree organs and the effect of season and geographic location on their structures. *Fungal Ecology*. 2016. 20(April 2016). P. 193–201. doi:10.1016/j.funeco.2016.01.005
14. Martins F., Pereira J.A., Bota P., Bento A., Baptista P. Fungal endophyte communities in above- and belowground olive tree organs and the effect of season and geographic location on their structures. *Fungal Ecology*. 2016. 20. P. 193-201. doi: 10.1016/j.funeco.2016.01.005
15. Hazard C., Gosling P., van der Gast C.J., Mitchell D.T., Doohan F. The role of local environment and geographical distance in determining community composition of arbuscular mycorrhizal fungi at the landscape scale. *The ISME Journal*. 2013. 7. P. 498-508. doi: 10.1038/ismej.2012.127 13.
16. Matsumura E., Fukuda K. A comparison of fungal endophytic community diversity in tree leaves of rural and urban

Корольова О. В.

temperate forests of Kanto district, eastern Japan. *Fungal Biology*. 2013. 117(3). P. 191–201. doi:10.1016/j.funbio.2013.01.007

17. Panelli S., Capelli E., Comandatore F., Landinez-Torres A., Granata M.U., Tosi S., Picco A.M. A metagenomic-based, cross-seasonal picture of fungal consortia associated with Italian soils subjected to different agricultural managements. *Fungal Ecology*. 2017. 30(December 2017). P. 1–9. doi:10.1016/j.funeco.2017.07.005

### References

1. Onyshchenko, V.A., Andrienko, T.L. (Eds.). (2012). *Fitoriznomanitnya zapovidnykiv i natsionalnykh pryrodnykh parkiv Ukrainy*. Ch.1. Biosferni zapovidnyky. Pryrodni zapovidnyky. [Phytodiversity of nature reserves and national nature parks of Ukraine. P.1. Biosphere reserves. Nature reserves]. Kyiv: Phytosociocentre (in Ukrainian).

2. Korol'ova, O.V. (2016). Gryby klasu Dothideomycetes lisovykh roslynnykh ugrupovan stepovoi zony Ukrainy [Dothideomycetes of forest plants communities of the steppe zone of Ukraine]. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*, 71(1), 61–66 (in Ukrainian). doi:10.17721/1728\_2748.2016.71.60-65

3. Korolyova, O.V. (2020). Taksonomichna riznomanitnist grybiv klasu Dothideomycetes u skladi stepovykh ekosystem stepovoi zony Ukrainy [Taxonomic Diversity of Dothideomycetes in the Steppe Ecosystems of the Steppe Zone of Ukraine]. *Ukr. ž. med. biol. sportu*, 5, 4 (26), 373–378 (in Ukrainian). doi:10.26693/jmbs05.04.373

4. Bruns, D.T. (2019). The developing relationship between the study of fungal communities and community ecology theory. *Fungal Ecology*, 39(June 2019), 393–402. doi:10.1016/j.funeco.2018.12.009

5. Crous, P.W., Wingfield, M.J. (2018). Fungi infecting woody plants: emerging frontiers. *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 40, June 2018, i-iii(3). doi: 10.3767/persoonia.2018.40.00

6. Li, X., Wang, J., Zhang, Sh., Wang, H., Li, X., Li, X., & Zhang, H. (2018). Distribution of fungal endophytes in roots of *Stipa krylovii* across six vegetation types in grassland of northern China. *Fungal Ecology*, 31(February

2018), 47–53. doi:10.1016/j.funeco.2017.11.001

7. Han, Q., Chen, Y., Li, Z., Zhang, Z., Qin, Y., Liu, Z., Liu, G. (2024). Changes in the soil fungal communities of steppe grasslands at varying degradation levels in North China. *Can J Microbiol.*, Mar 1;70(3), 70–85. doi: 10.1139/cjm-2023-0105. Epub 2023 Dec 14.

8. Borzęcka, J., Suchodolski, J., Dudek, B., Matyaszczyk, L., Sychała, C., Ogórek, R. (2022). The First Comprehensive Biodiversity Study of Culturable Fungal Communities Inhabiting Cryoconite Holes in the Werenskiöld Glacier on Spitsbergen (Svalbard Archipelago, Arctic). *Biology*, 11(8), 1224; doi:10.3390/biology11081224

9. Pereira, J. S., Costa, R. R., Nagamoto, N. S., Forti, L. C., Pagnocca, F. C., Rodrigues, A. (2016). Comparative analysis of fungal communities in colonies of two leaf-cutting ant species with different substratum preferences. *Fungal Ecology*, 21(June 2016), 68–75. doi:10.1016/j.funeco.2016.03.004

10. Solis, M.J. L., Dela Cruz, Th.E., Schnittler, M., Unterseher, M. (2015). The diverse community of leaf-inhabiting fungal endophytes from Philippine natural forests reflects phylogenetic patterns of their host plant species *Ficus benjamina*, *F. elastica* and *F. religiosa*. *Mycoscience*, 57(2), 96–196. doi:10.1016/j.myc.2015.10.002

11. Koide, R. T., Ricks, K.D., Davis, E. R. (2017). Climate and dispersal influence the structure of leaf fungal endophyte communities of *Quercus gambelii* in the eastern Great Basin, USA. *Fungal Ecology*, 30(December 2017), 19–28. doi:10.1016/j.funeco.2017.08.002

12. Sheng, R., Li, K., Zhang, W., Wang, H., Liu, H., Zhu, X. (2019). Differentiations of determinants for the community compositions of bacteria, fungi, and nitrogen fixers in various steppes. *Ecology and Evolution*, 9(7): 1–12. doi: 10.1002/ece.3.4940 9

13. Johansen, R. B., Johnston, P., Mieczkowski, P., Perry, Ge.L.W., Robeson, M.S.,

Martins, F., Pereira, J.A., Bota, P., Bento, A., Baptista, P. (2016). Fungal endophyte communities in above- and belowground olive tree organs and the effect of season and geographic location on their structures. *Fungal*

Корольова О. В.

*Ecology*, 20(April 2016), 193–201. doi:10.1016/j.funeco.2016.01.005

14. Martins, F., Pereira, J.A., Bota, P., Bento, A., Baptista, P. (2016). Fungal endophyte communities in above- and belowground olive tree organs and the effect of season and geographic location on their structures. *Fungal Ecology*, 20: 193-201. doi: 10.1016/j.funeco.2016.01.005

15. Hazard, C., Gosling, P., van der Gast, C.J., Mitchell, D.T., Doohan, F. (2013). The role of local environment and geographical distance in determining community composition of arbuscular mycorrhizal fungi at the landscape scale. *The ISME Journal*, 7: 498-508. doi: 10.1038/ismej.2012.127 13.

16. Matsumura, E., Fukuda, K. (2013). A comparison of fungal endophytic community diversity in tree leaves of rural and urban temperate forests of Kanto district, eastern Japan. *Fungal Biology*, 117(3), 191–201. doi:10.1016/j.funbio.2013.01.007

17. Panelli, S., Capelli, E., Comandatore, F., Landinez-Torres, A., Granata, M.U., Tosi, S., Picco, A.M. (2017). A metagenomic-based, cross-seasonal picture of fungal consortia associated with Italian soils subjected to different agricultural managements. *Fungal Ecology*, 30(December 2017), 1–9. doi:10.1016/j.funeco.2017.07.005

## ECOLOGICAL STRUCTURE OF DOTHIDEOMYCETES IN THE STEPPE ECOSYSTEMS OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

O. V. Korolyova

**Abstract.** *The article considers the ecological structure of the Dothideomycetes and the peculiarities of its formation in conditions of steppe ecosystems of the steppe zone of Ukraine. The materials of the work were the original mycological collecting carried out within the mycological survey of this territory during 2008-2020, sporadic collections of 2021 and 2023, as well as the materials of the herbarium of the M. G. Kholodny Institute of Botany (KW). Herbarium collection and identification of the samples were performed in accordance with the generally accepted methods of camera processing of xylotrophic, herbotrophic and coprothrophic micromycetes. As a result of our research, characteristic features of the ecological structure of the investigated mycobiota were established, in particular, the dominance of saprotrophic (103) and herbotrophic species (74). Phytotrophic species of micromycetes develops on 120 species of vascular plants, with the largest number of micromycetes (65 species) noted on plants of the Asteraceae. The most significant ecological and biological peculiarities of the investigated mycobiota in the conditions of steppe communities of the steppe zone of Ukraine are the formation of stable consortium relationships with a considerable variety of higher plants, zonal and seasonal change of the habitats as a adaptive mechanism for the settlement of the studied species of fungi. The prospect of further research is the study of changes in the species structure of micromycetes under the conditions of anthropogenic influence in the steppe ecosystems of the steppe zone of Ukraine.*

**Keywords:** *Dothideomycetes; ecological structure; steppe communities; steppe zone of Ukraine*

**How to Cite:** Korolyova, O. (2024). Ecological structure of Dothideomycetes in the steppe ecosystems of the steppe zone of Ukraine. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.002](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.002)

**ЕМІСІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ З МІСЦЬ ВИДАЛЕННЯ ПОБУТОВИХ  
ВІДХОДІВ ТА ЗАХОДИ ЩОДО ЇХ СКОРОЧЕННЯ****І. В. САТІН**, кандидат технічних наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0002-2028-9791>*Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», Київський національний університет будівництва і архітектури*E-mail: [satin@nikti.org.ua](mailto:satin@nikti.org.ua)**Д. В. КУЦИЙ**, кандидат технічних наук, <https://orcid.org/0000-0002-0791-7298>*Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства»*E-mail: [dkutsyi@gmail.com](mailto:dkutsyi@gmail.com)[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.003](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.003)

*Анотація.* Захоронення побутових відходів на полігонах та звалищах призводить до емісії парникових газів. Зазвичай вони розраховується на основі методики МГЕЗК, що враховує кількість та хімічний склад побутових відходів, а також кліматичні особливості регіону. Однак, на емісії парникових газів значно впливають технічні і експлуатаційні характеристики полігонів та звалищ. Їх дозволяє враховувати Українська модель газоутворення, яка адаптована до локальних умов.

Метою даної роботи був розрахунок емісії парникових газів від визначених класів полігонів та звалищ з урахуванням їх специфічних характеристик на основі Української моделі газоутворення, а також розробка заходів щодо їх скорочення. Для цього виконана класифікація полігонів та звалищ за площею, що опосередковано характеризує їх місткість та місце розміщення. За результатами класифікації визначено, що з понад 7 тис. полігонів та звалищ України біля 320 класифіковані як великі. Вони займають понад третину від загальної площі полігонів та звалищ України та вміщують до 84% захоронених побутових відходів. Великі полігони та звалища є пріоритетними для досліджень емісії парникових газів.

За результатами розрахунку емісії парникових газів встановлено, що їх загальний обсяг становить 5 833,5 тис. тСО<sub>2</sub>. Він на 32,9% менше за аналогічні оцінки згідно з методикою МГЕЗК, що пояснюється вищою точністю Української моделі газоутворення та її параметрів. Із загального обсягу емісії парникових до 40% потенційно може бути скорочено за рахунок продовження розвитку систем збирання біогазу, якими фактично було скорочено біля 10% в 2021 році. Даний потенціал може бути збільшений впововину і скорочення емісії парникових газів потенційно може досягати до 60% від їх загальних емісій з полігонів та звалищ. Для цього, наряду з системами збирання біогазу, доцільно здійснювати рекультивацию полігонів та звалищ. Але рекультивация є технічно

Сатін І. В., Куций Д. В.

*складним і вартісним заходом, а обґрунтування її застосування може бути предметом подальших досліджень.*

**Ключові слова:** біогаз; звалище; метан, полігон

**Актуальність.** Захоронення побутових відходів на полігонах та звалищах призводить до емісії парникових газів. Зазвичай вони розраховується на основі методики МГЕЗК, що враховує кількість та хімічний склад побутових відходів, а також кліматичні особливості регіону. Однак, на емісії парникових газів значно впливають технічні і експлуатаційні характеристики полігонів та звалищ. Їх дозволяє враховувати Українська модель газоутворення, яка адаптована до локальних умов.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В Україні за 2021 р. було зібрано 10 466,3 тис. т побутових відходів (ПВ), з яких 9 434,9 тис. т (90,1 %) потрапили на полігони та звалища, 776,1 тис. т (7,4 %) – на сміттєпереробні підприємства, 135,6 тис. т (1,3 %) – на заготівельні пункти вторинної сировини, 110,9 тис. т (1,1 %) – на сміттєспалювальні заводи (м. Київ) та 8,8 тис. т (0,1 %) – на ділянки компостування. Неперероблений залишок після оброблення ПВ та інші відходи (ПВ від ліквідації несанкціонованих звалищ тощо) у кількості приблизно 982,7 тис. т також додатково були захоронені на полігонах та звалищах. Таким чином, загальна кількість ПВ, що були захоронені на полігонах та звалищах у 2021 р. становила 10 417,6

тис. т (Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2021 рік, 2022).

Продовження практики захоронення ПВ на полігонах та звалищах призводить до зростаючого навантаження на довкілля за рахунок утворення емісій метану, які спричиняють зміну клімату. Емісії метану від захоронення ПВ оцінювались в різні періоди з використанням як спрощених, так й більш складних методик. Зокрема, за спрощеною оцінкою (Юрченко та ін., 2019) загальні емісії метану від захоронення ПВ в перерахунку з біогазу (при густині метану 0,7168 кг/Нм<sup>3</sup> та вмісті 50%) можуть становити 405,0 тис. т, що еквівалентно (при потенціалі потепління 25 тСО<sub>2</sub>/тСН<sub>4</sub>) 10 124,8 тис. тСО<sub>2</sub>. Згідно з оцінкою енергетичного потенціалу біогазу із полігонів ПВ (Гелетуша, 2023), виконаною на основі спрощеної методики Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), теоретичні емісії метану від захоронення ПВ можуть складати 452,0 тис. т, що еквівалентно 11 299,7 тис. тСО<sub>2</sub>. Авторами (Шмарін та ін., 2014) на основі методики МГЕЗК з уточненими коефіцієнтами розраховано, що емісії метану від захоронення ПВ можуть становити

Сатін І. В., Куций Д. В.

272,8 тис. т, що еквівалентно 6 820,0 тис. тСО<sub>2</sub>.

У свою чергу, результати офіційної інвентаризації парникових газів (ПГ) в Україні (Ukraine's greenhouse gas inventory 1990-2021. annual national inventory report for submission under the united nations framework convention on climate change and the kyoto protocol, 2023), які виконані за методикою МГЕЗК, показують, що емісії метану від захоронення ПВ за останні три десятиліття мають тенденцію до зростання в середньому на 0,9 % за рік. У 2021 р. вони могли становити загалом 346,7 тис. т, що еквівалентно біля 8 688,2 тис. тСО<sub>2</sub>. Однак, починаючи з 2009 р. в Україні розвиваються системи збирання та утилізації біогазу (Юрченко та ін., 2019; Степаненко & Проскурня, 2009; Жук та ін., 2012; Мазур & Гонтарук, 2022; Тітова, 2023). Наразі вони введені в експлуатацію на 27 (НКРЕКП, 2022) та будуються на 2 полігонах та звалищах. З урахуванням частки метану, утилізованого за рахунок діючих систем збирання та утилізації біогазу, його фактичні емісії в Україні за 2021 р. становили 307,9 тис. т (88,8 % від загальних емісій метану), що еквівалентно 7 669,7 тис. тСО<sub>2</sub> (Ukraine's greenhouse gas inventory 1990-2021. Annual national inventory report for submission under the united nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol, 2023).

Варто зазначити, що вищенаведені методики дозволяють оцінити або розрахувати емісії метану від захоронення ПВ переважно на основі кількості та хімічного складу ПВ, а також кліматичних особливостей регіону. При цьому, вони недостатньо враховують вік відходів та технічні і експлуатаційні характеристики полігонів та звалищ, які можуть значно впливати на утворення метану. Крім того, в місцевій практиці часто застосовується уточнена методика оцінки утворення біогазу – Українська модель газоутворення (Ukraine landfill gas model - users manual | global methane initiative, б. д.), параметри якої адаптовані до умов України і дозволяють прогнозувати емісії метану від полігонів та звалищ з вищою на біля 30 % точністю, що підтверджено дослідженнями (Резакова та ін., 2011).

**Метадослідження.** Метою даної роботи був розрахунок емісій метану та ПГ від захоронення ПВ на визначених класах полігонів та звалищ з урахуванням їх специфічних характеристик на основі Української моделі газоутворення, а також розробка заходів щодо скорочення таких емісій. Для цього застосовувались статистичні обсяги захоронення відходів (Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2021 рік, 2022), які також використані для інвентаризації ПГ (Ukraine's greenhouse gas inventory

Сатін І. В., Куций Д. В.

1990-2021. annual national inventory report for submission under the united nations framework convention on climate change and the kyoto protocol, 2023), та проводився детальний аналіз даних щодо полігонів та звалищ, їх класифікація і оцінка технічної оснащеності.

### **Матеріали і методи дослідження.**

Об'єктами дослідження були полігони та звалища в розрізі областей України. Основні дані про них наведені в реєстрах місць видалення відходів (МВВ), які регулярно ведуться обласними органами виконавчої влади згідно з Постановою КМУ від 03.08.1998 р. №1216. Сукупний аналіз цих реєстрів показав, що вони містять інформацію про 5 072 полігони та звалища станом на 2021 р. В цей час, за даними Мінрегіону (Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2021 рік, 2022) в Україні нараховувалось 5 969 полігонів та звалищ у 2021 р. Така різниця пояснюється різними підходами щодо ведення реєстрів МВВ і збирання даних. В реєстрах здебільшого наведена інформація про полігони та звалища, які мають паспорт та/або відповідають вимогам державних будівельних норм (ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування», б. д.). Дані Мінрегіону містять інформацію як про паспортизовані, так і не паспортизовані полігони та звалища.

З огляду на це, дані про полігони та звалища з реєстрів МВВ були доповнені даними Мінрегіону та інформацією з Регіональних планів управління відходами, що розробляються обласними органами виконавчої влади згідно з Постановою КМУ від 30.06.2023 р. №667. Таким чином, була сформована бази даних для цієї роботи, яка включала інформацію про 7 119 полігонів та звалищ України. За площею, яка певною мірою характеризує місткість полігону та визначає його місце розміщення, вони були розділені на наступні класи:

- Малі полігони та звалища площею до 1 га, які характерні малим та середнім сільським населеним пунктам. Їм властива глибина до 5 м (зазвичай 2-3 м), а також відсутність пересипки та ущільнення відходів і будь-яких інженерних систем збирання фільтрату та біогазу;

- Середні полігони та звалища площею від 1 до 5 га включно, які характерні великим сільським населеним пунктам, малим та середнім селищам і малим містам. Їм властива відсутність пересипки та ущільнення відходів і будь-яких інженерних систем збирання фільтрату та біогазу. Однак їх глибина в більшості випадків може перевищувати 5 м;

- Великі полігони та звалища площею понад 5 га, які характерні великим селищам, середнім та великим містам. Їм властива глибина



Сатін І. В., Куций Д. В.

інформація про всі наявні полігони та звалища частково відсутня.

В решті областей переважаючою кількістю є малі полігони та звалища.

Загальна площа усіх полігонів та звалищ України оцінюється в 9 608 га, з яких 2 600 (27,1 %) припадає на малі, 3 868 га (40,2 %) – на середні та 3 140 га (32,7 %) – на великі полігони та звалища (рис. 2). Можна заключити, що найменша кількість

великих полігонів та звалищ (частка 4,5 %) сумарно займають понад третину (частка 32,7 %) від загальної площі полігонів та звалищ України. В цей же час, найбільша кількість малих полігонів та звалищ ПВ (частка 68,2 %) сумарно займає найменшу площу (частка 27,1 %) від загальної площі полігонів та звалищ України.

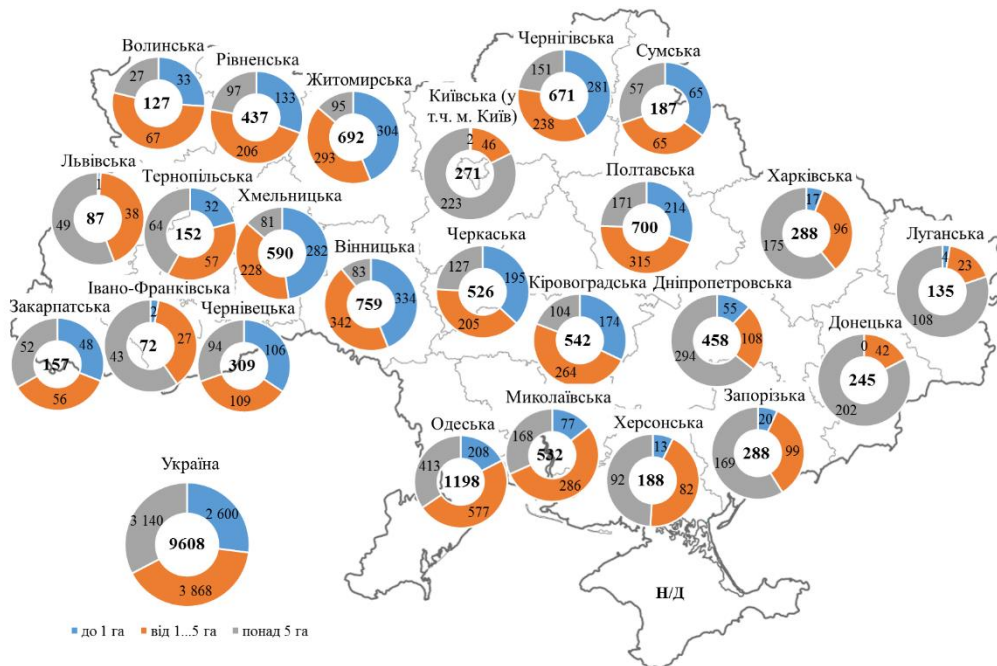


Рис. 2. Площа полігонів та звалищ по областях України в 2021 р., га

У регіональному розрізі, найбільша площа зайнята великими полігонами та звалищами в областях з найбільшими міськими агломераціями України (Донецька, Київська, Луганська). Дещо менша, але переважаюча площа зайнята великими полігонами та звалищами в областях, де є великі міські агломерації та/або значна кількість сільського населення і територіальні особливості (Дніпропетровська,

Запорізька, Івано-Франківська, Львівська, Харківська). В цих областях частка великих полігонів та звалищ ПВ балансується середніми і малими.

У решті областей України розподіл за площею полігонів та звалищ наближено відповідає загальнодержавним показникам. Такий розподіл може характеризуватися відносно рівномірним розподілом міського та

Сатін І. В., Куций Д. В.

сільського населення та розвитком мережі сільських населених пунктів.

Загальні обсяги накопичення ПВ на полігонах та звалищах України відображені в реєстрах МВВ. Щорічно, через надходження нових партій ПВ, ця інформація має оновлюватись за результатами спостережень та контрольних замірів, що виконуються обласними органами виконавчої влади. Але, фактично більшість обласних органів виконавчої влади здійснюють не регулярні оновлення інформації і пояснюють це браком технічних можливостей.

Для визначення об'єктивних загальних обсягів накопичення та річних обсягів захоронення ПВ було зроблене припущення про те, що частки від загального обсягу накопичення ПВ на різних класах полігонів за даними реєстрів МВВ характеризують довготривалу

динаміку розподілу надходження ПВ на полігони та звалища України. Тому, шляхом множення цих часток на дані Мінрегіону (Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2021 рік, 2022) була виконана оцінка і перерозподіл між різними класами полігонів та звалищ загальних обсягів накопичення та річних обсягів захоронення ПВ.

Як зазначалось вище, на полігонах та звалищах України було захоронено 10 417,6 тис. т ПВ в 2021 р. З них, за перерозподілом, 253,1 тис. т (2,5 %) могло бути захоронено на малих, 1 661,1 тис. т (15,9 %) – на середніх та 8 503,4 тис. т (81,6 %) – на великих полігонах та звалищах (рис. 3). Тобто, лівова частка ПВ в Україні захоронюється на малій кількості великих полігонів та звалищ, які сумарно займають понад третину від загальної площі полігонів та звалищ України.

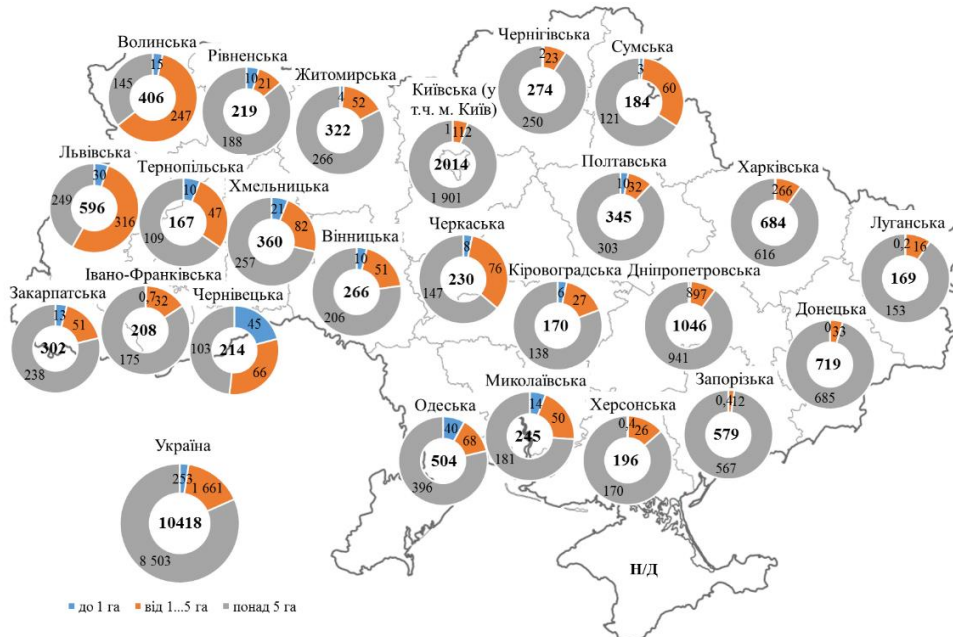


Рис. 3. Річні обсяги захоронення ПВ на полігонах та звалищах по областях України в 2021 р., тис. т.

Сатін І. В., Куций Д. В.

У регіональному розрізі, основна маса ПВ в 2021 р. захоронювалась на великих полігонах та звалищах північних, північно-східних, східних, південно-східних і південних областей України (за виключенням Сумської області). У північно-західних, західних, південно-західних та центральних областях України (за виключенням Дніпропетровської області) до половини ПВ захоронювалось на середніх і малих полігонах та звалищах. Така регіональна специфіка може пояснюватись практикою організації систем збирання відходів, розподілом населення, розвитком промисловості, розмірами населених пунктів та доступністю великих полігонів та звалищ.

Наприклад, в Дніпропетровській області є великі міські агломерації з великими полігонами та звалищами, де захоронюється 90,0% ПВ. Лише 9,3% ПВ області потрапляє на середні полігони та звалища невеликих міст та селищ. У цей же час, сільське населення Дніпропетровської області або не забезпечене належною

системою збирання відходів або не має власних малих полігонів та звалищ. Воно змушене вивозити відходи на великі і середні полігони та звалища сусідніх населених пунктів.

Абсолютна протилежна ситуація в Черкаській області. У цій області до третини ПВ (тобто за виключенням відходів великих міст Золотоноша, Канів, Умань, Черкаси) вивозиться на середні полігони та звалища.

Загалом на полігонах та звалищах України накопичено 252,8 млн. т ПВ станом на 2021 р. З них, за перерозподілом, 5,6 млн. т (2,2 %) накопичені на малих, 35,2 млн. т (13,9 %) – на середніх та 212,0 млн. т (83,9 %) – на великих полігонах і звалищах (рис. 4). З огляду на те, що основна маса ПВ накопичена на великих полігонах та звалищах, сумарна площа яких складає понад третину від загальної площі полігонів та звалищ України, вони є досить масивними і старими об'єктами, які мають найвищий пріоритет досліджень з точки зору обсягів емісій метану.

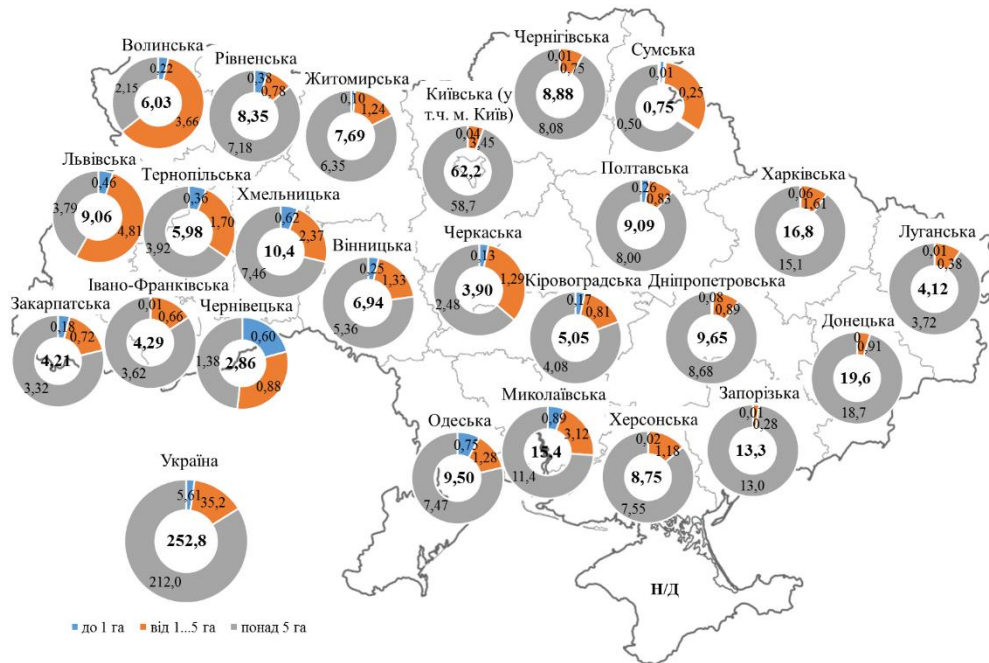


Рис. 4. Загальні обсяги накопичення ПВ на полігонах та звалищах по областях України в 2021 р., млн. т.

Найбільша кількість ПВ накопичена на великих полігонах та звалищах областей з найбільшими міськими агломераціями (Донецька, Київська, Харківська). Виключенням з них є Львівська область, де найбільший полігон або звалище обласного центру припинило експлуатацію в 2016 році (не обліковується) і наразі рекультивується, а його обсяги накопичення відходів не були враховані.

Метан є частиною біогазу, який утворюється в тілі полігонів та звалищ внаслідок фізико-хімічних процесів розкладу органічної частини захоронених ПВ. Під надлишковим тиском газотворення біогаз потрапляє в атмосферу з тіла полігонів та звалищ, а разом з ним відбувається емісія метану. З огляду

на це, методика дослідження емісій метану базується на: 1) прогнозуванні кількості біогазу та 2) розрахунку емісій або скорочення емісій ПГ від потрапляння або уникнення потрапляння метану в атмосферу з кожного класу полігонів та звалищ. Дослідження емісій метану здійснювався за двома сценаріями: базовий та проектний.

У базовому сценарії передбачалось, що увесь біогаз, утворений в тілі полігону та звалища, потрапляє в атмосферу. Для прогнозування кількості утвореного біогазу застосовувалась Українська модель газотворення. В основі цієї моделі лежить відоме рівняння методу затухання першого порядку, яке доповнене коефіцієнтом врахування пожеж та виражене наступною залежністю (Ukraine landfill gas model

Сатін І. В., Куций Д. В.

- users manual | global methane initiative, б. д.):

$$Q_{LFG} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^l 2k \cdot L_0 \cdot \left[ \frac{M_i}{10} \right] \cdot (e^{-kt_{ij}}) \cdot (MCF) \cdot F, \quad (1)$$

де  $Q_{LFG}$  – витрата утвореного біогазу, м<sup>3</sup>/год;  $i$  – крок за шкалою часу 1,0 рік;  $n$  – розрахунковий рік або рік початку захоронення відходів;  $j$  – крок за шкалою часу 0,1 рік;  $k$  – швидкість утворення метану, 1/рік;  $L_0$  – потенціал утворення метану, м<sup>3</sup>/т;  $M_i$  – маса відходів, захоронених на полігоні та звалищі протягом часу  $i$ , т;  $t_{ij}$  – вік  $j$  маси відходів, захоронених на полігоні та звалищі протягом часу  $i$ ;  $MCF$  – коефіцієнт корекції метану та  $F$  – коефіцієнт врахування пожеж.

Українська модель газоутворення багатокomпонентна.

### 1. Морфологічний склад ПВ в Україні, %

Найменування компоненту	Категорія відходів	Номер категорії	Значення
Харчові відходи	Швидкий розклад	I	31,84
Інші органічні відходи			1,40
Садово-паркові відходи	Помірно-швидкий розклад	II	3,64
Папір та картон	Помірно-повільний розклад	III	13,72
Текстиль			14,89
Гума	Повільний розклад	IV	1,86
Деревина			1,75
Інші неорганічні відходи	Не розкладаються	-	41,90

Основними параметрами рівняння (1) є швидкість утворення метану, потенціал утворення метану, маса відходів та вік маси відходів.

Швидкість утворення метану залежить від співвідношення

Тобто, витрата утвореного біогазу розраховується на основі індивідуальних параметрів рівняння (1), які характерні чотирьом категоріям відходів. Для визначення категорій відходів застосовувався їх морфологічний склад (Ukraine’s greenhouse gas inventory 1990-2021. Annual national inventory report for submission under the united nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol, 2023), що наведений в таблиці 1. Він враховує їх багаторічні зміни і відображає середні значення за декілька десятиліть.

середньорічного рівня опадів до випаровування з поверхні суші і характеризує швидкість розкладу ПВ. На основі місцевих даних клімату в Українській моделі газоутворення уточнені значення цього параметру в

Сатін І. В., Куций Д. В.

розрізі областей України (Ukraine landfill gas model - users manual | global

methane initiative, б. д.), що наведені в таблиці 2.

**2. Рекомендовані значення швидкості утворення метану, 1/рік**

Номер категорії	Найменування області			
	Луганська Херсонська	АР Крим Запорізька Кіровоградська Миколаївська Одеська	Вінницька Волинська Дніпропетровська Донецька Київська Кіровоградська Рівненська Сумська Харківська Черкаська Чернігівська	Житомирська Закарпатська Івано- Франківська Львівська Полтавська Тернопільська Хмельницька
I	0,110	0,120	0,140	0,150
II	0,055	0,060	0,070	0,075
III	0,022	0,024	0,028	0,030
IV	0,011	0,012	0,014	0,015

Потенціал утворення метану залежить від хімічного складу відходів і характеризує питому кількість метану, який загалом може утворюватися при розкладі 1 т ПВ. Даний параметр визначається на основі кількості органічного вуглецю, що міститься у ПВ, та його частки, яка переходить в метан (Матвеев & Куций, 2016). Рекомендовані значення цього параметру розраховані в Українській моделі газоутворення (Ukraine landfill gas model - users manual | global methane initiative, б. д.) та наведені в таблиці 3. Вони прийняті однаковими для всіх областей України на основі припущення про однаковий хімічний склад ПВ.

**3. Рекомендовані значення потенціалу утворення метану, м<sup>3</sup>/т**

Номер категорії	Значення
I	69
II	126
III	214
IV	201

Маса відходів, що накопичені на полігонах та звалищах України, прийнята на основі даних Мінрегіон (див. рис. 4). Для визначення щорічних обсягів захоронення ПВ (розбивки маси відходів) за період експлуатації полігонів та

Сатін І. В., Куций Д. В.

звалищ застосовувалось значення річних обсягів захоронення ПВ в 2021 р. (див. рис. 3) та здійснювався прогноз за попередні періоди з використанням коефіцієнту приросту, який варіювався в широких межах.

Вік маси відходів оцінений з моменту початку експлуатації полігону та звалища. Початок експлуатації оцінювався для класів полігонів та звалищ України шляхом усереднення їх років введення в експлуатацію, визначених на основі даних Мінрегіон.

В Українській моделі газоутворення також застосовується коефіцієнт корекції метану. Він враховує характеристики полігонів та звалищ, які впливають на окислення утвореного метану. МГЕЗК за такими характеристиками розділила полігони та звалища на декілька основних типів, для яких визначені характерні їм значення коефіцієнту корекції метану (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste, 2006), що наведені в таблиці 4.

#### 4. Типові значення коефіцієнту корекції метану

Характеристика полігону або звалища	Значення
Контрольований анаеробний. Відходи складуються в межах окремих карт, які мають протипожежну систему, а також наявна хоча б одна з перерахованих характеристик: щоденне покриття, чи пошарова пересипка, чи механічне ущільнення відходів.	1,0
Контрольований напіванаеробний. Відходи складуються в межах окремих карт, які мають протипожежну систему, а також наявна хоча б одна з перерахованих характеристик: щоденне покриття відходів негерметичним матеріалом, чи система вентиляції біогазу, чи система відводу фільтрату.	0,5
Не контрольований глибокий або з високим рівнем фільтрату. Глибина відходів перевищує 5 м і практика експлуатації не відповідає вищеописаним критеріям.	0,8
Не контрольований неглибокий. Глибина відходів не перевищує 5 м і практика експлуатації не відповідає вищеописаним критеріям.	0,4

З огляду на прийнятну класифікацію полігонів та звалищ України та їх характеристики, значення коефіцієнту корекції метану прийнято 0,4 для малих та 0,8 для середніх і великих полігонів та звалищ. Пояснюється це тим, що малі полігони та звалища не класифікуються як контрольовані інженерні об'єкти, в той час як переважна більшість великих полігонів та звалищ не відповідають контрольованим анаеробним об'єктам, зокрема через відсутність регулярної

Сатін І. В., Куций Д. В.

пересипки. Прийняті значення коефіцієнту корекції метану залишались незмінними між областями України.

Специфічний коефіцієнт врахування пожеж в Українській моделі газоутворення показує, що в частині відходів, які вигоріли внаслідок пожежі, утворення біогазу відбувається з меншою інтенсивністю, або не відбувається взагалі. Він розраховується як добуток площі відходів, що вигоріли, помноженої на степінь впливу пожежі, яка визначена як: слабка (0,3), середня (0,7), сильна (1,0). Однак оцінити середню площу відходів, що вигоріли, та степінь впливу пожежі для визначених класів полігонів та звалищ неможливо через відсутність інформації. При прогнозуванні утворення біогазу даний параметр не застосовувався.

Для розрахунку емісій ПГ від потрапляння метану в атмосферу з кожного класу полігонів та звалищ в базовому сценарії застосовувалось наступне рівняння (CDM. Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site, 2011):

$$BE_{CH_4} = Q_{LFG} \cdot \rho_{CH_4} \cdot (1-f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1-OX), \quad (2)$$

де  $BE_{CH_4}$  – базові емісії ПГ з полігонів та звалищ за визначений період, тCO<sub>2</sub>;  $\rho_{CH_4}$  – густина метану, 0,7168 кг/Нм<sup>3</sup>;  $f$  – вміст метану в біогазі, 50%;  $GWP_{CH_4}$  – глобальний потенціал потепління метану, 25 тCO<sub>2</sub>/тCH<sub>4</sub>;  $OX$  – коефіцієнт окислення метану у шарі покриття полігону та звалища.

Під час розрахунку емісій ПГ на основі рівняння (2) коефіцієнт окислення метану не застосовувався, оскільки фактично більшість полігонів та звалищ України залишаються непокритими і відходи прямо контактують з атмосферним повітрям, що дозволяє вільний вихід метану без окислення у верхніх шарах покриття.

У проектному сценарії передбачалось, що частина від утвореного біогазу може бути відібрана і в послідуєчому утилізована з скороченням викидів метану. Для цього визначались та аналізувались заходи щодо видалення і

Сатін І. В., Куций Д. В.

утилізації біогазу, які можливо застосовувати на виділених класах полігонів та звалищ України.

В частині заходів щодо видалення біогазу, визначалась можливість улаштування систем збирання біогазу (Юрченко та ін., 2019; Степаненко & Проскурня, 2009; Жук та ін., 2012; Мазур & Гонтарук, 2022; Тітова, 2023), способи підвищення їх ефективності (Barlaz та ін., 2009; Oonk, 2012; Duan та ін., 2022; Giordano та ін., 2024) і альтернативи щодо уникнення або скорочення емісій метану. Варто відмітити, що наразі системи збирання біогазу рекомендовані чинними державними-будівельними нормами (ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування», б. д.) та нормативно-правовими актами (Рекомендації з удосконалення експлуатації діючих полігонів та звалищ твердих побутових відходів, 2006; Правила експлуатації полігонів побутових відходів, 2010). З 1 січня 2030 р. вони стануть обов'язковими для кожного полігону та звалища згідно Закону України «Про управління відходами» від 20.06.2022 р. №2320-IX.

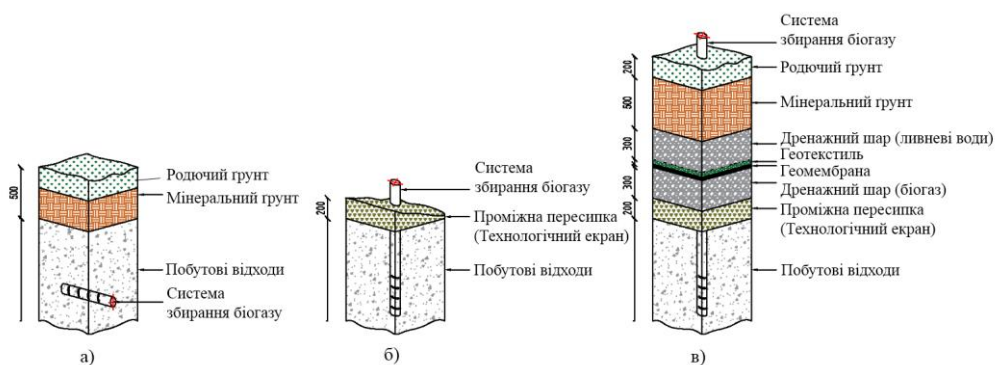
За результатами цього аналізу визначено, що малі полігони та звалища технічно не придатні до улаштування систем збирання біогазу, оскільки мають дуже малу глибину. Основним заходом щодо скорочення емісій метану з цього класу полігонів та звалищ може бути їх засипка ґрунтом та розвиток рослинності, які здатні частково окислити потік метану (Chanton та ін., 2009). Однак, оцінити скорочення емісій від розвитку природного біопокриття не представляється можливим. Альтернативним заходом є санація (очищення від відходів) територій малих полігонів та звалищ із сортуванням та вивезенням залишків ПВ на регіональні полігони. При цьому, будь який з вище перелічених заходів буде призводити до незначних скорочень емісій метану через застосування низько ефективних біопокриттів або природнього окислення відсортованих ПВ. Тому, прогнозування збирання біогазу на малих полігонах та звалищах не здійснювалось.

Середні полігони та звалища характеризуються глибиною, якої достатньо для улаштування горизонтальних систем збирання біогазу. Для роботи таких

Сатін І. В., Куций Д. В.

систем і зменшення інфільтрації повітря в тіло полігону та звалища над ними необхідно забезпечити нарощування додаткового шару ПВ або улаштування шару рекультивації. З огляду на Національну стратегію управління відходами, що затверджена Розпорядженням КМУ від 08.11.2017 р. №820-р, кількість полігонів та звалищ будь-яких класів має бути зменшена. Продовження експлуатації середніх полігонів та звалищ і збільшення висоти ПВ не передбачається. Натомість найбільш вірогідним залишається єдиний захід – їх рекультивація. З огляду на значну вартість комплексу робіт рекультивації і значні площі середніх полігонів та звалищ, економічно доцільним буде виконання часткової рекультивації, що включає вирівнювання поверхні полігону та звалища і улаштування захисного екрану із ґрунту (рис. 5а).

Великі полігони та звалища мають технічні характеристики, достатні для продовження існуючої практики улаштування вертикальних або горизонтальних систем збирання біогазу (рис. 5б). Ефективність таких систем може бути підвищена за рахунок рекультивації (рис. 5в), потреба у якій висока через значний вплив цього класу полігонів та звалищ на довкілля. Рекультивація полігонів та звалищ також передбачена Національною стратегією управління відходами. Тому, для великих полігонів та звалищ прогнозування кількості зібраного біогазу здійснювалось для двох варіантів заходів: спорудження систем збирання біогазу на діючих і рекультивованих полігонах та звалищах.



**Рис. 5. Заходи щодо збирання біогазу і скорочення емісій метану з полігонів та звалищ України**

Сатін І. В., Куций Д. В.

Для розрахунку кількості біогазу, що може бути видалений з тіла полігону та звалища системою збирання біогазу у проектному сценарії, застосовувалось наступне рівняння:

$$Q'_{LFG} = Q_{LFG} \cdot K_C, \quad (3)$$

де  $Q'_{LFG}$  – витрата зібраного біогазу, м<sup>3</sup>/год;  $K_C$  – ефективність системи збирання біогазу.

Визначальним параметром в рівнянні (3) є ефективність системи збирання біогазу. Згідно з Українською моделлю газоутворення значення цього параметру рекомендується розраховувати на основі факторів, які найбільше впливають на роботу системи збирання біогазу, а саме: розмірів (глибини) полігонів та звалищ, їх інженерних характеристик і практики експлуатації, а також степені охоплення системою збирання біогазу (Ukraine landfill gas model - users manual | global methane initiative, б. д.). Для цього застосовується наступне рівняння:

$$K_C = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (4)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт глибини полігону та звалища;  $K_2$  – коефіцієнт охоплення площі полігону та звалища системою збирання біогазу;  $K_3$  – коефіцієнт верхнього шару засипки полігону та звалища;  $K_4$  – коефіцієнт нижнього протифільтраційного екрану полігону та звалища;  $K_5$  – коефіцієнт наявності карт складування відходів;  $K_6$  – коефіцієнт ступені ущільнення відходів;  $K_7$  – коефіцієнт наявності фільтрату.

Коефіцієнт  $K_1$  розраховується в залежності від середньої глибини полігону та звалища. Ефективний збір біогазу може здійснюватися на полігоні та звалищі глибиною більше 10 м. Якщо глибина полігону та звалища менше вказаного значення, то на кожний метр зменшення глибини від 10 м застосовується понижуючий фактор 5%. На основі середньої площі та загальних обсягів

Сатін І. В., Куций Д. В.

накопичення ПВ, оцінено, що середні полігони та звалища мають глибину біля 6,5 м, а великі полігони та звалища – біля 14,0 м.

Коефіцієнт  $K_2$  розраховується як відношення площі полігону та звалища, охопленої системою збирання біогазу, до загальної площі полігону та звалища, занятої ПВ. Значення коефіцієнту охоплення системою збирання біогазу приймалися на основі досвіду їх проектування для середніх полігонів та звалищ, а також для двох варіантів великих полігонів та звалищ, а саме: збирання біогазу на діючих і рекультивованих полігонах та звалищах.

Коефіцієнт  $K_3$  розраховується як сума добутків частки площі полігону та звалища і типу його покриття. Згідно з Українською моделлю газоутворення (Ukraine landfill gas model - users manual | global methane initiative, б. д.) розглядаються чотири типи покриття, а саме: остаточна засипка (0,90), проміжна пересипка (0,80), щоденний тимчасовий шар пересипки (0,75) та відходи без покриття (0,50). З урахуванням визначених заходів щодо збирання біогазу, на середніх полігонах та звалищах ПВ передбачено спорудження шару ґрунту по всій їх площі (див. рис. 5а), який може відповідати проміжній пересипці. На великих полігонах та звалищах система збирання біогазу може влаштовуватись в ході їх експлуатації або після рекультивації. Експлуатація передбачає використання проміжної пересипки (див. рис. 5б), яка зазвичай охоплює до половини площі полігону та звалища, а друга половина залишається не покритою. Рекультивація передбачає спорудження остаточного шару засипки на всій площі полігону та звалища (див. рис. 5в).

Коефіцієнт  $K_4$  розраховується виходячи з наявності нижнього протифільтраційного екрану. Він представляє собою фактор дисконтування 5%, якщо такий екран відсутній. Встановлено, що середні полігони та звалища утворились переважно як несанкціоновані МВВ. Вони не мають нижнього протифільтраційного екрану. Великі полігони та звалища збудовані переважно за проектною документацією або виникли в місцях (в глиняних кар'єрах тощо), що мають нижній протифільтраційний екран.

Сатін І. В., Куций Д. В.

Коефіцієнт  $K_5$  розраховується в залежності від практики використання окремих карт для захоронення відходів. Він представляє собою фактор дисконтування 5%, якщо ПВ складуються в межах полігону та звалища хаотично без використання окремих карт. Хаотична практика складування відходів характерна середнім полігонам та звалищам, які мають малу площу і заповнюються в залежності від наявності доступу і вільного місця. Великі полігони та звалища часто мають окремі карти, які експлуатуються по чергово.

Коефіцієнт  $K_6$  розраховується в залежності застосування важкої техніки (котків-ущільнювачів) для ущільнення відходів на полігоні та звалищі. Він представляє собою фактор дисконтування 3%, якщо така техніка не застосовується. Фактична практика експлуатації показує, що переважна більшість полігонів різних класів не мають або обмежено застосовують наявну важку техніку для ущільнення відходів.

Коефіцієнт  $K_7$  розраховується в залежності від наявності та частоти появи фільтрату на тілі полігону та звалища. Він представляє собою фактор дисконтування, який змінюється від 10 до 18% (більше значення відповідає більш вологому клімату) у випадку утворення калюж фільтрату на тілі полігону та звалища після опадів, або від 20 до 36% у випадку наявності калюж на тілі полігону та звалища на постійній основі. Оскільки визначити наявність фільтрату для кожного класу полігонів та звалищ не має можливості, даний параметр не розраховувався і не застосовувався в розрахунках.

З урахуванням вищенаведених припущень визначені коефіцієнти рівняння (4) та розрахована ефективність систем збирання біогазу для середніх і великих полігонів та звалищ, що наведена в таблиці 5. При цьому, ефективність систем збирання біогазу розрахована окремо для діючих та рекультивованих великих полігонів та звалищ.

### 5. Ефективність системи збирання біогазу

Коефіцієнт	Рекультивовані середні полігони та звалища	Діючі великі полігони та звалища	Рекультивовані великі полігони та звалища
$K_1$	0,83	1,00	1,00

Сатін І. В., Куций Д. В.

K <sub>2</sub>	0,60	0,72	0,80
K <sub>3</sub>	0,80	0,65	0,90
K <sub>4</sub>	0,95	1,00	1,00
K <sub>5</sub>	0,95	1,00	1,00
K <sub>6</sub>	0,97	0,97	0,97
K <sub>7</sub>	1,00	1,00	1,00
K <sub>C</sub>	0,35	0,45	0,70

В частині заходів щодо утилізації біогазу, визначались технічні рішення щодо його спалювання, використання або окислення (Пухнюк та ін., 2012; Зіновчук & Горобець, 2012), які призводять до скорочення емісій метану з середніх та великих полігонів та звалищ у проектному сценарії. Зокрема, на середніх полігонах та звалищах обсяг збирання біогазу оцінюються незначними, а якість низькою. Можливими варіантами його утилізації може бути спалювання на факелі або окислення метану шляхом пропускання зібраного біогазу через біофільтр. Спалювання на факелі вибрано основним заходом для середніх полігонів та звалищ.

На великих полігонах та звалищах обсяги збирання біогазу оцінюються достатніми для його енергетичної утилізації, а якість високою. Найпоширенішим способом енергетичної утилізації біогазу, у тому числі в Україні, є його використання в когенераційних установках (КГУ) з виробництвом і постачанням електроенергії в мережу. Цей захід вибраний як основний для великих полігонів та звалищ.

З огляду на прийняти заходи з утилізації біогазу, скорочення емісій ПГ у проектному сценарії може бути розраховане на основі загального рівняння (CDM. ACM0001: Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities, 2009):

$$PE_{CH_4} = PE_{flare} + PE_{elec} + EL_{LFG} \cdot CEF_{elec}, \quad (5)$$

Сатін І. В., Куций Д. В.

де  $PE_{CH_4}$  – проектні скорочення емісії ПГ з полігонів та звалищ за визначений період,  $tCO_2$ ;  $PE_{flare}$  – проектні скорочення емісії ПГ внаслідок спалювання метану на факелі,  $tCO_2$ ;  $PE_{elec}$  – проектні скорочення емісії ПГ внаслідок утилізації метану в КГУ,  $tCO_2$ ;  $EL_{LFG}$  – загальна кількість електроенергії виробленої з біогазу, яка за відсутності проектної діяльності була б вироблена генеруючими потужностями на викопному паливі, що підключені до мережі, МВт\*год;  $SEF_{elec}$  – коефіцієнт емісій ПГ генеруючих потужностей на викопному паливі,  $tCO_2/МВт*год$ .

В залежності від класу полігонів та звалищ і відповідних йому заходів з утилізації біогазу кількість додатків в загальному рівнянні (5) змінювалась. Зокрема, для середніх полігонів та звалищ проектні скорочення емісії ПГ дорівнювали скороченню емісій ПГ внаслідок спалювання метану на факелі. Для великих полігонів та звалищ проектні скорочення емісії ПГ дорівнювали скороченню емісій ПГ внаслідок утилізації метану в КГУ. При цьому, додаткова частка скорочення емісій ПГ від заміщення електроенергії виробленої з викопних палив має місце для великих полігонів та звалищ. Однак, вона не оцінювалась, оскільки в основі цієї роботи було порівняння між емісією та скорочення емісій ПГ від захоронення ПВ на різних класах полігонів та звалищ.

Згідно з державними будівельними нормами (ДБН В.2.4-2-2005 "Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування", б. д.) спалювання біогазу може здійснюватися тільки на закритому факелі. Для розрахунку проектного скорочення емісій ПГ внаслідок деструкції метану на закритому факелі застосовується наступне рівняння (CDM. ACM0001: Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities, 2009):

$$PE_{flare} = Q'_{LFG} \cdot \rho_{CH_4} \cdot (1 - f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot \varepsilon_{flare}, \quad (6)$$

де  $\varepsilon_{flare}$  – ефективність деструкції метану на закритому факелі, 90,0%.

Сатін І. В., Куций Д. В.

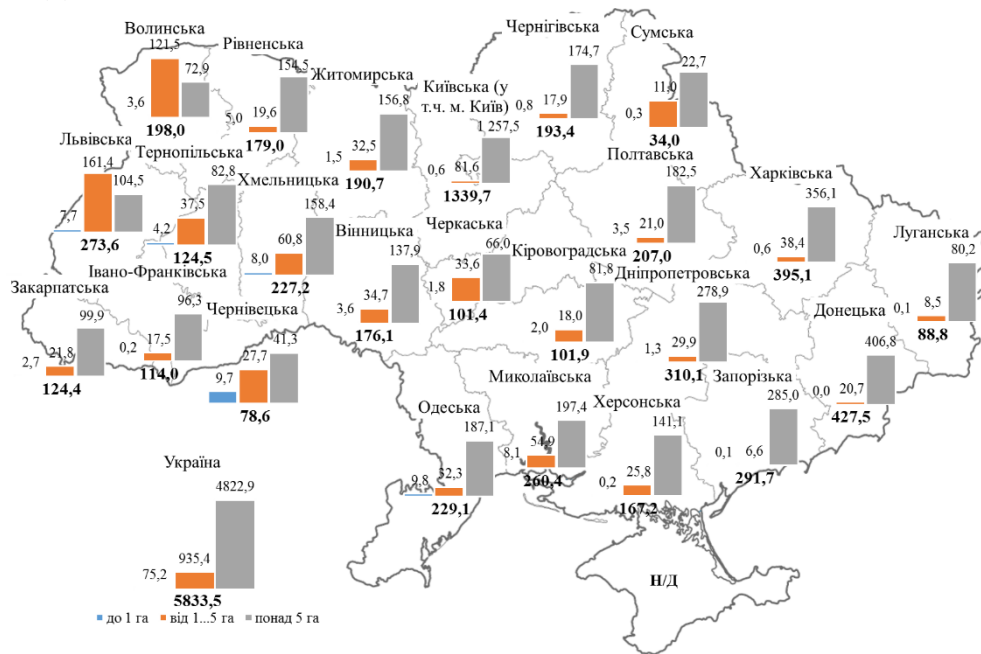
Для розрахунку проектного скорочення емісій ПГ від утилізації метану в КГУ застосовується наступне рівняння (CDM. ACM0001: Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities, 2009):

$$PE_{elec} = Q_{LFG} \cdot \rho_{CH_4} \cdot (1 - f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot \varepsilon_{CHP}, \quad (7)$$

де  $\varepsilon_{CHP}$  – ефективність деструкції метану в КГУ, 91,5%.

**Результати дослідження та їх обговорення.** За результатами досліджень визначено, що загальні емісії ПГ з усіх класів полігонів та звалищ України становлять 5 833,5 тис. тСО<sub>2</sub>, з яких 75,2 тис. тСО<sub>2</sub> (1,3%) утворюються на малих, 935,4 тис. тСО<sub>2</sub> (16,0%) – на середніх і 4 822,9 тис. тСО<sub>2</sub> (82,7%) – на великих полігонах та звалища (рис. 6). Розподіл емісій ПГ між класами полігонів та звалищ корелюється з кількістю відходів, які накопичені в їх межах. Емісії ПГ з малих полігонів та звалищ ПВ досить незначні. Це дозволяє нехтувати ними в майбутніх дослідженнях емісії ПГ від полігонів та звалищ України.

В ході порівняння результатів цих досліджень з даними інвентаризації ПГ в Україні (Ukraine's greenhouse gas inventory 1990-2021. Annual national inventory report for submission under the united nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol, 2023), оцінено, що отримані загальні емісії ПГ на 32,9% нижчі. При відносно однакових вхідних даних різних методик досліджень, отримана різниця пояснюється вищою точністю Української моделі газоутворення і її параметрів порівняно з методикою МГЕЗК.



**Рис. 6. Загальні емісії ПГ з полігонів та звалищ по областях України в 2021 р., тис. тCO<sub>2</sub>**

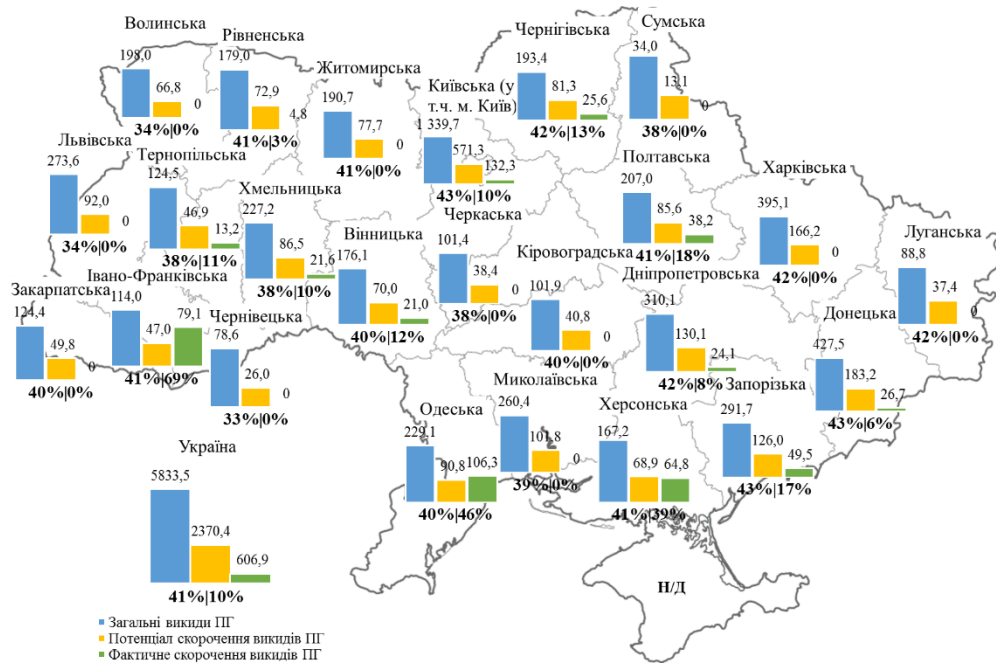
Найбільші емісії ПГ від великих полігонів та звалищ мають місце в Донецькій, Київській та Харківській областях, тобто в областях з найбільшими міськими агломераціями України, де накопичена найбільша кількість ПВ на полігонах та звалищах цього класу. Найбільші емісії ПГ від середніх полігонів та звалищ мають місце у Львівській області, де в 2016 році припинив експлуатацію (не обліковується) найбільший полігон або звалище регіону і основна маса ПВ стала потрапляти на середні полігони та звалища. Найбільші емісії ПГ від малих полігонів та звалищ відмічені в Одеській та Чернівецькій областях, де експлуатується значна кількість об'єктів цього класу, в межах яких накопичена значна кількість ПВ.

В свою чергу, потенціал скорочення емісій ПГ визначено для двох варіантів сукупних заходів: 1) збирання та спалювання біогазу на рекультивованих середніх (див. рис.5а) і збирання та утилізація біогазу на діючих великих (див. рис. 5б) полігонах та звалищах, а також 2) збирання та спалювання біогазу на рекультивованих середніх (див. рис.5а) і збирання та утилізація біогазу на рекультивованих великих (див. рис. 5в) полігонах та звалищах. Отримані результати додатково порівнювались із фактичним скороченням емісій ПГ, які

Сатін І. В., Куций Д. В.

досягались системами збирання біогазу, що експлуатувалися в 2021 р. (НКРЕКП, 2022). Фактичні скорочення емісій ПГ розраховані на основі рівняння (7) за кількістю виробленої електроенергії, яка була перерахована в кількість біогазу на основі припущення, що вміст метану в ньому становить 50%.

За першим варіантом сукупних заходів, потенціал скорочення емісій ПГ може досягати до 41% від загальних емісій ПГ з полігонів та звалищ України (рис. 7). За рахунок діючих систем збирання біогазу фактичне скорочення емісій ПГ наразі складає близько 10% від загальних емісій ПГ з полігонів та звалищ України, що підтверджується даними (Ukraine's greenhouse gas inventory 1990-2021. Annual national inventory report for submission under the united nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol, 2023). При цьому, фактичне скорочення емісій ПГ в чотири рази менше від їх потенціалу. Пояснюється це тим, що в Волинській, Дніпропетровській, Житомирській, Кіровоградській, Миколаївській, Полтавській, Черкаській та Чернівецькій областях у 2021 р. працювали не всі або не працювали взагалі збудовані системи збирання біогазу. Відновлення роботи непрацюючих систем призведе до збільшення фактичного скорочення емісій ПГ. Їх подальше збільшення до рівня потенціалу скорочення емісій ПГ можливе за рахунок будівництва нових систем збирання біогазу, які наразі споруджуються у Львівській (с. Збиранка) та Харківській (м. Дергачі) областях.



**Рис. 7. Скорочення емісій ПГ на рекультивованих середніх і діючих великих полігонах та звалищах по областях України в 2021 р., тис. тСО<sub>2</sub>**

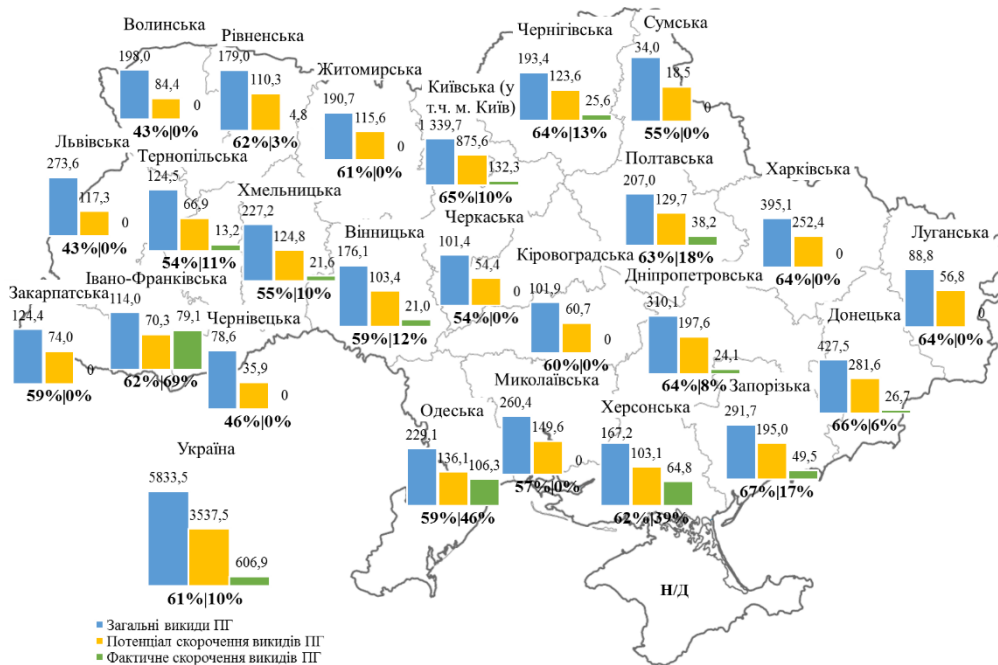
Найбільшим потенціалом скорочення емісій ПГ володіють Донецька, Київська та Харківська області, тобто області з найбільшими емісіями ПГ з великих полігонів та звалищ. При цьому, у Івано-Франківській, Одеській та Херсонській областях потенціал скорочення викидів ПГ виглядає вичерпаним через значні фактичні скорочення емісій ПГ. Пояснюватись це може як завищеними даними щодо виробленої електроенергії (НКРЕКП, 2022), так і заниженими даними щодо кількості ПВ, які захоронювались на полігонах та звалищах цих областей (Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2021 рік, 2022).

Найменшим потенціалом скорочення емісій ПГ володіє Сумська та Чернівецька області, де досить повільно розвивається сфера управління ПВ, а їх загальне накопичення на полігонах та звалищах є найменшим в Україні.

За другим варіантом сукупних заходів, потенціал скорочення емісій ПГ може досягати до 61% від загальних емісій ПГ з полігонів та звалищ України (рис. 8). В цьому варіанті, фактичні скорочення емісій ПГ, які досягаються за рахунок діючих систем збирання біогазу, майже в шість разів нижчі їх потенціалу. Збільшення різниці між потенціалом і фактичним скороченням

Сатін І. В., Куций Д. В.

емісій ПГ пояснюється впливом рекультивації великих полігонів та звалищ, яка призводить до вагомого підвищення кількості збирання біогазу, що визначальним чином впливають на потенціал скорочення емісій ПГ від полігонів та звалищ України.



**Рис. 8. Скорочення емісій ПГ на рекультивованих середніх і великих полігонах та звалищах по областях України в 2021 р., тис. тСО<sub>2</sub>**

Таким чином, найбільші емісії ПГ та один із найбільших потенціалів скорочення емісій ПГ наявний в областях (Донецькій, Київській та Харківській) з найбільшими міськими агломераціями України, де накопичена найбільша кількість ПВ на великих полігонах та звалищах. Рекультивація цих полігонів значно впливає на потенціал скорочення емісій ПГ. Тому, дані області з точки зору скорочення емісій ПГ визначені найбільш пріоритетними щодо запровадження або розширення систем збирання біогазу і рекультивації полігонів та звалищ.

Найменші емісії ПГ та один із найменших потенціалів скорочення емісій ПГ характерний малим областям з повільним розвитком сфери управління ПВ (Сумська, Чернівецька). Крім того, в цих областях наявна відносно велика частка малих та середніх полігонів, дегазація яких не може бути практично здійснена

Сатін І. В., Куций Д. В.

або має низьку ефективність, що призводить до зменшення потенціалу скорочення емісій ПГ порівняно з рештою областей України. Ці області з точки зору скорочення емісій ПГ визначені найменш пріоритетними щодо запровадження або розширення систем збирання біогазу.

Варто зазначити, що вищенаведена оцінка пріоритетності жодним чином не має впливати на реальну потребу та можливості розбудови систем збирання біогазу та рекультивацію полігонів та звалищ в будь-якій області України, необхідність розбудови яких залишається високою.

**Висновки і перспективи.** В Україні зберігається практика захоронення понад 90% зібраних ПВ на біля 7 тис. полігонів та звалищ, які займають площу понад 9,6 тис. га. Це призводить до постійного зростання емісій ПГ, які, за уточненими розрахунками, могли досягати до 5 833,5 тис. тСО<sub>2</sub> в 2021 році. При цьому, біля 82% всіх емісій ПГ припадають на близько 320 великих полігонів та звалищ. Саме цей клас полігонів становить пріоритет з точки зору досліджень емісій ПГ від захоронення ПВ.

Наявні системи збирання біогазу, які реалізовані переважно на великих полігонах та звалищах, забезпечують фактичні скорочення емісій ПГ біля 10%, що є недостатнім з точки зору ефективного зменшення їх впливу на довкілля та зміну клімату. Зберігається значний залишковий потенціал скорочення емісій ПГ, який може досягати від 40 % до 60 % загальних емісій ПГ. Для його реалізації доцільно продовжувати розвивати систем збирання біогазу та підвищувати їх ефективність.

Першочергово, рекомендується розбудова існуючих або впровадження нових систем збирання біогазу на великих полігонах та звалищах, що може збільшити скорочення викидів ПГ до чотирьох разів від сьогоденного рівня поточних викидів ПГ. В подальшому або одночасно, доцільно підвищувати ефективність споруджених систем збирання біогазу шляхом рекультивації великих полігонів та звалищ. Ці заходи довозлять потенційно збільшити фактичні скорочення викидів ПГ до шести разів (вполовину від рівня попереднього збільшення). Але вони є більш технічно складними і дорогими, що

Сатін І. В., Куций Д. В.

понижує черговість їх застосування і потребує подальших досліджень обґрунтування їх впровадження.

Стосовно середніх і малих полігонів та звалищ, вони характеризуються незначними емісіями ПГ порівняно з великими полігонами та звалищами. При цьому, середні і малі полігони та звалища мають обмежені або взагалі не мають технічних можливостей для збирання біогазу. Для переважної більшості з них рекомендується рекультивация з використанням ґрунтової засипки або санація їх території з сортуванням та вивезенням залишків ПВ на великі (регіональні) полігони.

### Список використаних джерел

1. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2021 рік. *Мінрегіон*. URL:

<https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferyповodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2021-rik/>.

2. Утилізація біогазу полігонів твердих побутових відходів / А. А. Юрченко та ін. *Збірник наукових праць НГУ*. 2019. Т. 57. С. 192–202. URL: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/57.192>.

3. Гелетуша Г. Г. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи: Книга. Київ: ВД “Академперіодика”, 2023. 373 с.

4. Вплив кліматичних факторів на оцінку викидів парникових газів з місць захоронення твердих побутових відходів в Україні / С. Л. Шмарін та ін. *Фізична географія та геоморфологія*. 2014. Т. 2, № 74. С. 133–140.

5. Ukraine’s greenhouse gas inventory 1990-2021. annual national inventory report for submission under the united nations framework convention on climate change and the kyoto protocol. URL: <https://unfccc.int/documents/628276>.

6. Степаненко Д. С., Проскурня Т. О. Добування та утилізація біогазу з відходів. *Праці ТДАТУ*. 2009. Т. 5, № 9. С. 134–143.

7. Жук Г. В., Пятничко О. І., Баннов В. Є. Системи збору та утилізації біогазу полігонів твердих побутових відходів. *Технічні гази*. 2012. Т. 3. С. 65–68.

8. Мазур К. В., Гонтарук Я. В. Перспективи виробництва біогазу з відходів підприємств та домогосподарств на полігонах твердих побутових відходів. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2022. Т. 2, № 35. С. 63–71.

9. Тітова А. О. Утилізація біогазу з полігону побутових відходів як елемент еколого-енергетичної безпеки. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2023. Т. 1, № 138. С. 41–47.

10. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. *Головна | Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг*. URL: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/energetichni-pidpriyemstva>.

11. Ukraine landfill gas model - users manual | global methane initiative. <https://www.globalmethane.org/>. URL: <https://www.globalmethane.org/resources/details.aspx?resourceid=2326>.

12. Резакова Т. А., Матвеев Ю. Б., Куций Д. В. Моделювання процесів фільтрації біогазу в пористому тілі полігону ТПВ. *Промислова теплотехніка*. 2011. Т. 7, № 33.

13. ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування». *Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва*. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3200370846212294438?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200370846212294438?doc_type=2).

Сатін І. В., Куций Д. В.

14. Матвєєв Ю. Б., Куций Д. В. Дослідження потенціалу утворення біогазу при зброджуванні харчових відходів. *Відновлювана енергетика*. 2016. № 3. С. 73–80.

15. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. *IPCC - Task Force on National Greenhouse Gas Inventories*. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>.

16. CDM. Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site. *CDM: CDM-Home*. URL: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-04-v5.1.0.pdf>.

17. Barlaz M. A., Chanton J. P., Green R. B. Controls on landfill gas collection efficiency: instantaneous and lifetime performance. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2009. Vol. 59, no. 12. P. 1399–1404. URL: <https://doi.org/10.3155/1047-3289.59.12.1399>.

18. Oonk H. Efficiency of landfill gas collection for methane emission reduction. *Greenhouse Gas Measurement and Management*. 2012. Vol. 2, no. 2-3. P. 129–145. URL: <https://doi.org/10.1080/20430779.2012.730798>.

19. Duan Z., Kjeldsen P., Scheutz C. Efficiency of gas collection systems at Danish landfills and implications for regulations. *Waste Management*. 2022. Vol. 139. P. 269–278. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.023>

20. Landfill gas collection efficiency: categorization of data from existing in-situ measurements / C. R. Giordano et al. *Waste Management*. 2024. Vol. 175. P. 83–91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.042> (date of access: 22.05.2024).

21. Рекомендації з удосконалення експлуатації діючих полігонів та звалищ твердих побутових відходів : Наказ від 10.01.2006 р. № 5. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0005667-06#Text>.

22. Правила експлуатації полігонів побутових відходів : Наказ від 01.12.2010 р. № 435. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1307-10#Text>.

23. Chanton J. P., Powelson D. K., Green R. B. Methane oxidation in landfill cover soils, is a 10% default value reasonable?. *Journal of Environmental Quality*. 2009. Vol. 38, no. 2. P. 654–663. URL: <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0221>.

24. Пухнюк О. Ю., Матвєєв Ю. Б., Куций Д. В. Аналіз світового досвіду енергетичного використання біогазу полігонів ТПВ. *Відновлювана енергетика*. 2012. Т. 2. С. 70–77.

25. Зіновчук Н. В., Горобець О. В. Використання енергетичного потенціалу твердих побутових відходів в Україні. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2012. Т. 1, № 2. С. 333–341.

26. CDM. ACM0001: Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities. *CDM: CDM-Home*. URL: <https://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/UJBDVFYLQKSEWCM73XG14Z692TRHO0>.

## References

1. State of the waste management sector in Ukraine for 2021. (2022). Retrieved from <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretoryi/stansferypovodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2021-rik/>

2. Yurchenko, A., Kulikova, D., Dmitruk, E., Cheberiyachko, L., Bezpiaty, I. (2019). Municipal solid waste landfills biogas utilization. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 57, 192–202. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/57.192>

3. Geletukha, G.G. (Ed.). (2023). *Energy generation from biomass in Ukraine: technologies, development, prospects*. Kyiv: VD “Academperiodyka”.

4. Shmarin, S.L., Slivinskaya, V.V., Remez, N.S., Filozof, R.S., Nakhshina, A.D., Mykhaylenko V.P. (2014). Influence of climatic factors on estimation of greenhouse gas emissions from the burial place of solid waste in Ukraine. *Physical Geography and Geomorphology*, 2(74), 133–140.

5. Ukraine’s greenhouse gas inventory 1990-2021. Annual national inventory report

Сатін І. В., Куций Д. В.

for submission under the united nations framework convention on climate change and the kyoto protocol. (2023, May). Retrieved from <https://unfccc.int/documents/628276>

6. Stepanenko, D., Proskoornya, T. (2009). Receiving and utilization of biogas from waste. *Proceedings of Tavria State Agrotechnological University*, 5(9), 134–143.

7. Zhuk, H.V., Pyatnichko, A.I., Bannov, V.E. (2012). System of biogas collection and utilization of landfill solid domestic waste. *Industrial Gases*, 3, 65–68.

8. Mazur, K., Gontaruk, Y. (2022). Prospects for biogas production from waste of enterprises and households on solid waste landfills. *Easters Europe: Economy, Business and Management*, 2(35), 63–71.

9. Titova, A. (2023). Utilization of biogas from the household waste landfill as an element of environmental and energy security. *Transactions of Kremehchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, 1(138), 41–47.

10. Information on renewable energy facilities (as of January 1, 2022). Retrieved from <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/energetichni-pidpriyemstva>

11. Ukraine landfill gas model - users manual | global methane initiative. (n. d.). Retrieved from <https://www.globalmethane.org/>. <https://www.globalmethane.org/resources/details.aspx?resourceid=2326>

12. Rezakova, T.A., Matveev, Yu.B., Kutsyi, D.V. (2011). Modeling of landfill gas flow in the porous media of MSW landfill. *Industrial Heat Engineering*, 7(33), 112–113.

13. DBN B.2.4-2-2005 Municipal solid waste landfills. Basic design provisions. (with Amendment 1 and Amendment 2). (n. d.). Retrieved from [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3200370846212294438?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200370846212294438?doc_type=2)

14. Matveev, Yu.B., Kutsyi, D.V. (2016). Investigation of biogas potential during digestion of food waste. *Renewable Energy*, 3, 73–80.

15. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. (2006). Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>

16. CDM. Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site. (2011). Retrieved from

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-04-v5.1.0.pdf>

17. Barlaz, M. A., Chanton, J. P., & Green, R. B. (2009). Controls on landfill gas collection efficiency: instantaneous and lifetime performance. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 59(12), 1399–1404. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.59.12.1399>

18. Oonk, H. (2012). Efficiency of landfill gas collection for methane emission reduction. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, 2(2-3), 129–145. <https://doi.org/10.1080/20430779.2012.730798>

19. Duan, Z., Kjeldsen, P., & Scheutz, C. (2022). Efficiency of gas collection systems at Danish landfills and implications for regulations. *Waste Management*, 139, 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.023>

20. Giordano, C. R., Van Brunt, M. E., Halevi, S. J., Castaldi, M. J., Orlovits, Z., & Illes, Z. (2024). Landfill gas collection efficiency: Categorization of data from existing in-situ measurements. *Waste Management*, 175, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.042>

21. Order of the Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine No. 5 “Recommendations for improving the operation of existing municipal solid waste landfills and dumps”, (2006, January). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0005667-06#Text>

22. Order of the Ministry of Housing and Communal Services of Ukraine No. 435 “Rules for operation of municipal waste landfills” (2010, December). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1307-10#Text>

23. Chanton, J. P., Powelson, D. K., & Green, R. B. (2009). Methane oxidation in landfill cover soils, is a 10% default value reasonable? *Journal of Environmental Quality*, 38(2), 654–663. <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0221>

Сатін І. В., Куций Д. В.

24. Puknhyuk, L.Yu., Matveev, Yu.B., Kutsyi, D.V. (2012). Analysis of the world experience of energy use of biogas from MSW landfills. *Renewable Energy*, 2, 70–77.

25. Zinovchyk, N.V., Horobets, O.V. (2012). Use of energy potential of municipal solid waste in Ukraine. *Bulletin of the Zhytomyr National Agro-Ecological University*, 1(2), 333–341.

26. CDM. ACM0001: Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities. (2009). Retrieved from

<https://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/UJBDVFYQLQSEWCM73XG14Z692TRHO0>

## GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM MUNICIPAL WASTE DISPOSAL SITES AND MEASURES FOR ITS REDUCTION

I. V. Satin, D. V. Kutsyi

**Abstract.** *Disposal of household waste at landfills and dumps leads to greenhouse gas emissions. Usually emissions are estimated based on the IPCC methodology, which takes into account the amount and composition of household waste as well as the climate conditions of the region. However, greenhouse gas emissions are significantly influenced by the technical and operational parameters of landfills and dumps. The Ukrainian landfill gas model, which is adapted to local conditions, allows these parameters to be taken into account.*

*The objective of this study was the estimation of greenhouse gas emissions from certain classes of landfills and dumps, taking into account their specific parameters based on the Ukrainian landfill gas model, as well as the development of measures for its reduction. For this, landfills and dumps were classified by area, which indirectly characterizes their capacity and place of location. Based on the results of the classification, it was determined that out of more than 7,000 landfills and dumps in Ukraine, about 320 are classified as large sites. These sites occupy more than a third of the total area of landfills and dumps in Ukraine and contain up to 84% of disposed household waste. Large landfills and dumps are a priority for greenhouse gas emissions study.*

*According to the results of greenhouse gas emissions study, their total amount is estimated to be 5,833.5 thousand tCO<sub>2</sub>. These amount 32.9% less than similar estimates according to the IPCC methodology, which is explained by the higher accuracy of the Ukrainian landfill gas model and its parameters. Of the total amount of greenhouse emissions, up to 40% can potentially be reduced by the continued development of landfill gas collection systems, which actually reduced about 10% greenhouse gas emission in 2021. This potential can be increased by half and the reduction of greenhouse gas emissions can potentially reach up to 60% of their total emissions from landfills and dumps. For this purpose, the rehabilitation of the landfills and dumps should be conducted along with the development of landfill gas collection systems. However, rehabilitation is a complex and expensive measure, and the rationale for its application may be the subject of further research.*

**Keywords:** *dump, landfill, landfill gas, methane*

Сатін І. В., Куций Д. В.

**How to Cite:** Satin, I., & Kutsyi, D. (2024). Greenhouse gas emissions from municipal waste disposal sites and measures for its reduction. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.003](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.003)

## A COMPREHENSIVE OVERVIEW OF MODERN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SOFTWARE

**O. ZAVERTALIUK**, M.Sc. in 141 “Electrical Power Engineering, Electrical Engineering, and Electromechanics” (Electromechanical Devices and Systems),

<https://orcid.org/0009-0007-5205-9732>

E-mail: [eee18-o.zavertaliuk@it.nubip.edu.ua](mailto:eee18-o.zavertaliuk@it.nubip.edu.ua)

**Product Marketing Manager at AGRO.RIA**

**O. NAUMOVSKA**, Associate Professor of the Department of Agrosphere Ecology and Environmental Control, <https://orcid.org/0000-0002-5938-8471>

E-mail: [naumovska@nubip.edu.ua](mailto:naumovska@nubip.edu.ua)

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.004](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.004)

**Abstract.** *Effective environmental management is becoming increasingly important due to the anthropogenic impact on ecosystems and their components. Environmental Management Systems (EMS) are essential for heavy industries, helping to reduce the human footprint on the environment and optimize the use of natural resources. This paper examines various types of EMS, their characteristics, architecture, and computational models. Key functions of these systems include monitoring and data collection, data analysis and processing, compliance management, incident and deviation management, planning and goal setting, as well as communication and reporting. EMS address tasks related to environmental auditing, reporting, and managing environmental risks of production processes. Various systems on the market offer unique solutions for different industries. Successful implementation examples include companies like BASF and Valspar, which have saved significant resources by integrating EMS into their production processes. The conclusions highlight the importance of EMS for sustainable development and environmental safety, as well as the need for their continuous updating and adaptation to new challenges.*

**Keywords:** *Environmental monitoring, Environmental control, Environmental pollution, Environmental risk management, Sustainable natural resource management, Environmental Management Systems, Compliance Management, Sustainability, Industrial Impact Reduction*

**Introduction.** In a world where environmental issues deteriorate the quality of environmental components, impact human livelihoods, and threaten a significant portion of biodiversity, the

need for effective environmental monitoring gains new significance and importance. Anthropogenic influence significantly alters the state of ecosystems through pollution, resource depletion, and

Заверталюк О., Наумовська О. І.

climate change. In this context, Environmental Management Systems (EMS) become not just a contemporary trend but a necessity for industrial operations. EMS are essential for conducting environmental audits, management, and planning of environmental programs and activities aimed at reducing the anthropogenic load on the environment. EMS also serve as tools for manufacturers to improve compliance with environmental legislation and standards regarding atmospheric emissions, aquatic ecosystem discharges, and the efficiency of treatment facilities, soil cover, and areas adjacent to industrial sites. Economic activities must be controlled to minimize the anthropogenic impact on all environmental components. Compliance with environmental legislation and regulatory standards of economic activity is mandatory for all businesses in Ukraine and the European Union countries. The implementation of EMS allows companies not only to appear "green" but to truly reduce their impact on the environment, optimize resource use, and save costs (Ikram, 2019). However, selecting and implementing an appropriate system is a complex process that requires a deep understanding of the characteristics and capabilities of various EMS. This article aims to provide an overview of modern EMS, highlight their key features, and explore development

prospects and examples of successful implementation and use of such systems in practice. It is crucial to seek and implement existing tools tailored to the conditions of Ukraine, considering current realities and existing environmental-economic risks.

**Materials and Methods.** The study of Environmental Management Systems (EMS) employed a comprehensive approach, encompassing the analysis of scientific literature and official documents to identify the main types of systems and their characteristics. The research also included the examination and evaluation of various EMS offerings available in the market to determine their functional capabilities and target segments. A comparative analysis was conducted to identify the advantages and disadvantages of each system. An essential part of the study involved investigating practical examples of successful EMS implementation by major companies such as BASF and Valspar, aiming to analyze their experiences and determine the key factors contributing to successful outcomes. The results of this research are aimed at identifying the main development trends of EMS and uncovering potential directions for further system improvements. The conclusions of the study can serve as a foundation for developing recommendations on the selection and implementation of EMS

Заверталюк О., Наумовська О. І.

across different industrial and agricultural sectors.

**Results and Discussion.** The study revealed various methods and structures for environmental control and management of economic activities affecting environmental components. By analyzing different EMS implementations, the research identified key strategies and practices that contribute to effective environmental management. The comparison of multiple EMS offerings highlighted specific strengths and weaknesses, enabling the identification of best practices and areas for improvement. Practical examples from companies like BASF and Valspar demonstrated how comprehensive EMS frameworks can lead to significant reductions in environmental impact, improved compliance with regulations, and enhanced operational efficiency. These findings underscore the importance of a tailored approach to EMS implementation, considering the unique needs and contexts of different industries. The discussion elaborates on the critical factors that drive successful EMS adoption, including stakeholder engagement, continuous monitoring and evaluation, and the integration of innovative technologies. Overall, the results emphasize that effective EMS structures are crucial for mitigating the negative impacts of industrial activities on the environment. The insights gained

from this research provide valuable guidance for businesses aiming to enhance their environmental performance and ensure sustainable operations.

**Types of Systems and Their Features.** Environmental Management Systems (EMS) exist in various forms, each with unique characteristics designed to meet the specific needs of enterprises.

Standard EMS are represented by international standards such as ISO 14001, which establish general requirements for environmental management. These systems help organizations structure their environmental programs, set objectives, and track outcomes (Virazindzhe, 2018). Standard EMS provide a unified approach to managing environmental aspects, facilitating the integration with other management systems. They also contribute to improving the environmental policies of enterprises and can significantly reduce costs through the rational use of natural resources and the implementation of energy-efficient production technologies (Zavertaliuk, Naumovska, 2024).

Modular EMS consist of separate modules, each focused on a specific area of environmental management, such as waste management, emissions control, or resource conservation. The modular structure allows organizations to select the components that best meet their needs and gradually expand the system over

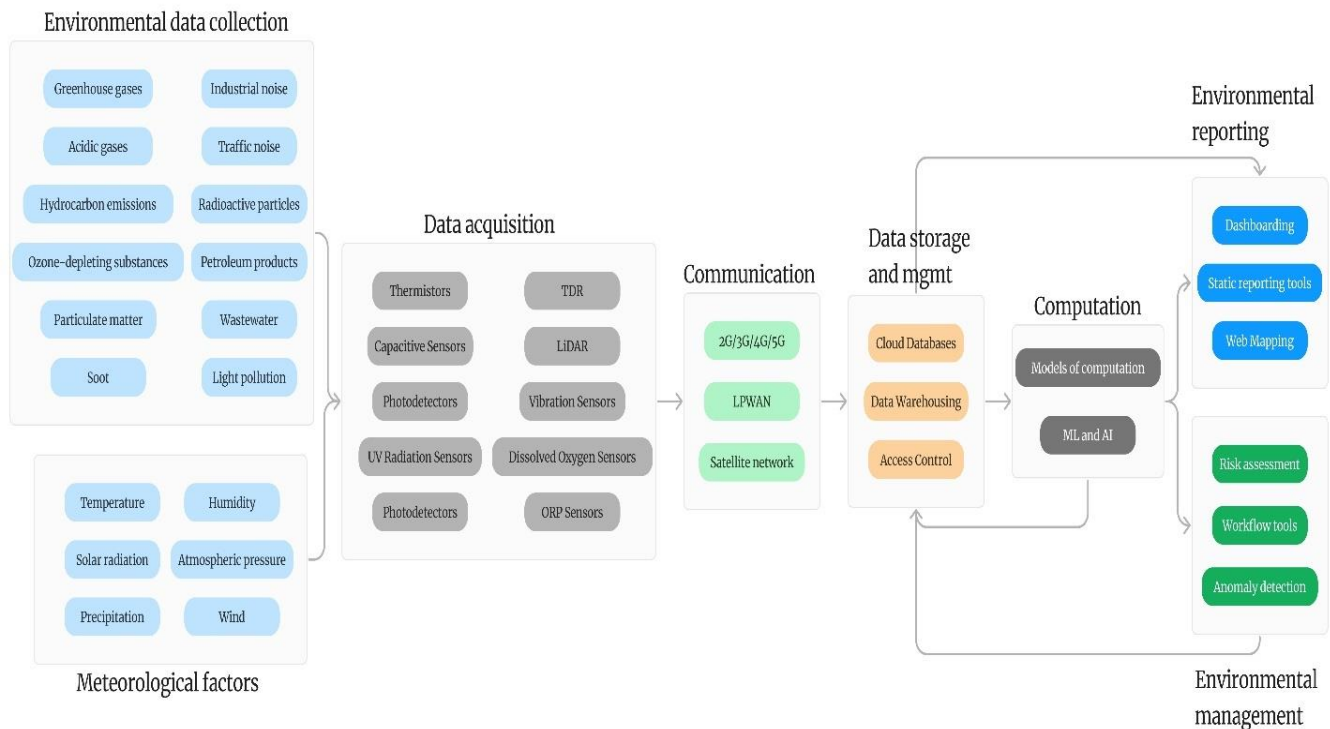
Заверталоюк О., Наумовська О. І.

time. Modular EMS offer flexibility and adaptability, enabling easy modifications or updates in line with evolving environmental goals and strategies. They also promote more targeted and efficient resource use, as each module can be optimized for specific tasks (see Fig. 1).

Predictive EMS utilize data and analytics to anticipate future environmental challenges and risks. They integrate modeling and forecasting tools to aid organizations in planning and taking preventive measures. Predictive EMS can enhance resource optimization,

risk reduction, and resilience to future environmental changes. They also enable more informed decision-making based on data and trend analysis.

Each type of EMS has its advantages and features, making them suitable for different organizational needs and contexts. The choice of a particular system depends on various factors, including the size of the organization, industry, geographical location, and specific environmental goals and strategies.



**Figure 1. Elements of environmental impact monitoring software for economic activities**

**High-Level System Architecture (Figure 2).** Environmental Management

Systems (EMS) possess a complex architecture that enables efficient data

Заверталюк О., Наумовська О. І.

collection, processing, and transmission. The illustration of the system's operation highlights the following key steps:

1. **Data Collection:** In the initial stage, the system gathers various environmental data, such as pollutant emissions, meteorological data, resource usage information (water, energy, etc.), and data on waste generation and management, especially hazardous wastes (Class I and II hazards). This can include automatic data collection from sensors and monitoring systems, as well as manual data entry.

2. **The System Itself:** At the core of the EMS is the processing and analysis of collected data. The system may include the following capabilities:

a. **Environmental Impact Assessment:** Analyzing data to determine the environmental impact of the organization's activities;

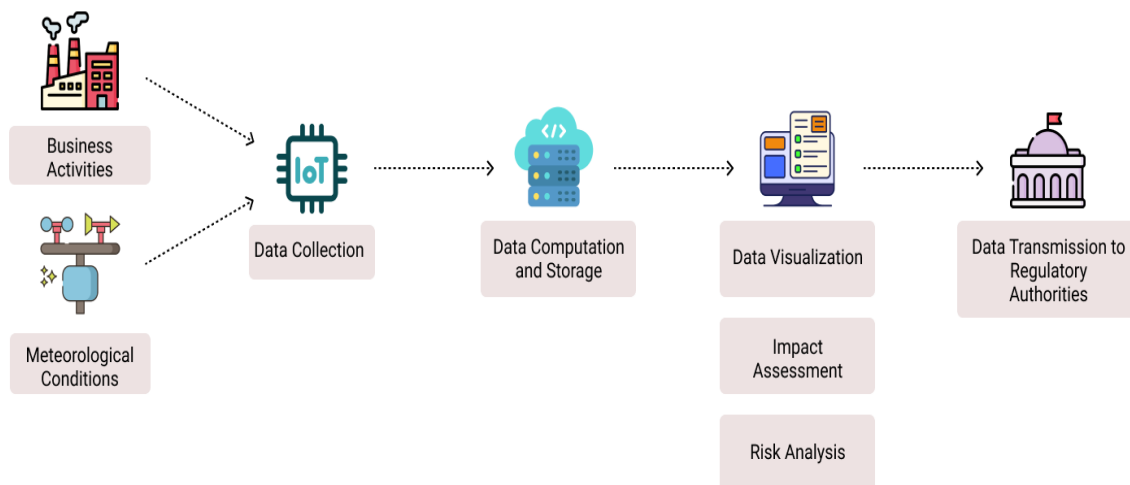
b. **Environmental Monitoring and Forecasting:** Monitoring key performance indicators (KPIs) and tracking changes over space and time;

c. **Compliance Management:** Ensuring the organization's activities comply with environmental regulations and standards;

d. **Planning and Goal Setting:** Establishing environmental objectives and developing programs to achieve them;

e. **Risk Analysis:** Identifying potential environmental risks and developing strategies to minimize them.

3. **Data Transmission:** After processing and analysis, data can be transmitted to stakeholders such as government agencies to demonstrate compliance with environmental standards and regulations. This may also include reporting to shareholders and exchanging data with other management systems.



**Figure 2. Schematic of environmental management system operation**

**Computational Models and Their Characteristics.** Computational models are a key component of Environmental Management Systems (EMS), as they enable complex analysis and forecasting of impacts. Here, we examine several primary computational models and their characteristics:

**Deterministic Models** use fixed equations and parameters to determine the impact of environmental factors. These models provide accuracy and predictability but may not account for the uncertainty and variability of real-world conditions.

**Stochastic Models**, unlike deterministic models, consider randomness and uncertainty in input data. They are useful for modeling processes with high unpredictability, such as the dispersion of pollutants in the environment.

**Spatial Models** allow the analysis of the distribution and movement of environmental parameters in space. They are used for mapping and predicting patterns of pollutant migration, such as identifying high-risk pollution areas.

**Temporal Models** focus on analyzing changes in environmental parameters over time. These models are essential for tracking the dynamics of processes, for example, seasonal fluctuations.

**Integrated Models** combine different approaches and data types to gain a more comprehensive understanding of

environmental processes. Integrated models can incorporate spatial, temporal, and stochastic elements to create a holistic analysis.

**Machine Learning Models** have gained popularity due to their ability to adapt and learn from data. These models can automatically detect patterns and make environmental predictions, making them useful for identifying new risks and optimizing management strategies.

Each of these models has its advantages and limitations, making them suitable for different scenarios and needs in environmental control. For example, deterministic models can be effective for determining the impact of known and stable pollution sources, whereas stochastic models are better suited for situations with significant uncertainty or variability in input data. Spatial models are indispensable for planning the territorial placement of industrial facilities or assessing the distribution of pollutants in the landscape (e.g., geochemical barriers).

When selecting and developing computational models, it is important to consider not only their technical characteristics but also their ability to integrate with other system components, ease of use, and adaptability to changing environmental conditions. Moreover, the growing focus on sustainable development goals pushes EMS

Заверталоюк О., Наумовська О. І.

developers to continually improve computational models.

**Key Elements and Technical Components.** EMS consist of several key elements and technical components that interact to ensure effective monitoring. Here are some of the main components:

1. **Sensors and Detectors:** These are fundamental components used to collect environmental data such as temperature, humidity, air pollution levels, water quality, etc. Sensors can be placed in various locations depending on monitoring needs.

2. **Internet of Things (IoT):** IoT plays a crucial role in collecting and transmitting data from sensors to the central processing system. IoT enables the connection of a large number of sensors and devices into a single network, providing real-time monitoring and high data accuracy (Jayashri S., 2021).

3. **Data Collection Systems:** These include software and hardware for aggregating and storing data generated by sensors. They can be implemented as databases, cloud storage, or local servers.

4. **Computational Models and Analytical Tools:** These are used to process, analyze, and interpret collected data. They may include statistical methods, machine learning, geographic information systems (GIS), and other analytical platforms.

5. **User Interfaces:** These allow users to interact with EMS, view data, generate

reports, and manage the system. Interfaces can be implemented as web portals and mobile applications.

6. **Reporting and Notification Mechanisms:** These are used to inform responsible parties about environmental events, regulatory exceedances, or potential environmental and production risks. Systems can automatically generate reports and send notifications via email, messages, or other communication channels (Li T., 2019).

7. **Integration Mechanisms:** These enable EMS to interact with other management systems such as quality, occupational safety, and energy management systems. Integration promotes synergy between different management aspects and improves the overall efficiency of the system.

8. **Security and Privacy Measures:** These ensure the protection of collected data from unauthorized access, malicious use, or loss. They include encryption, access control, backups, and other technologies.

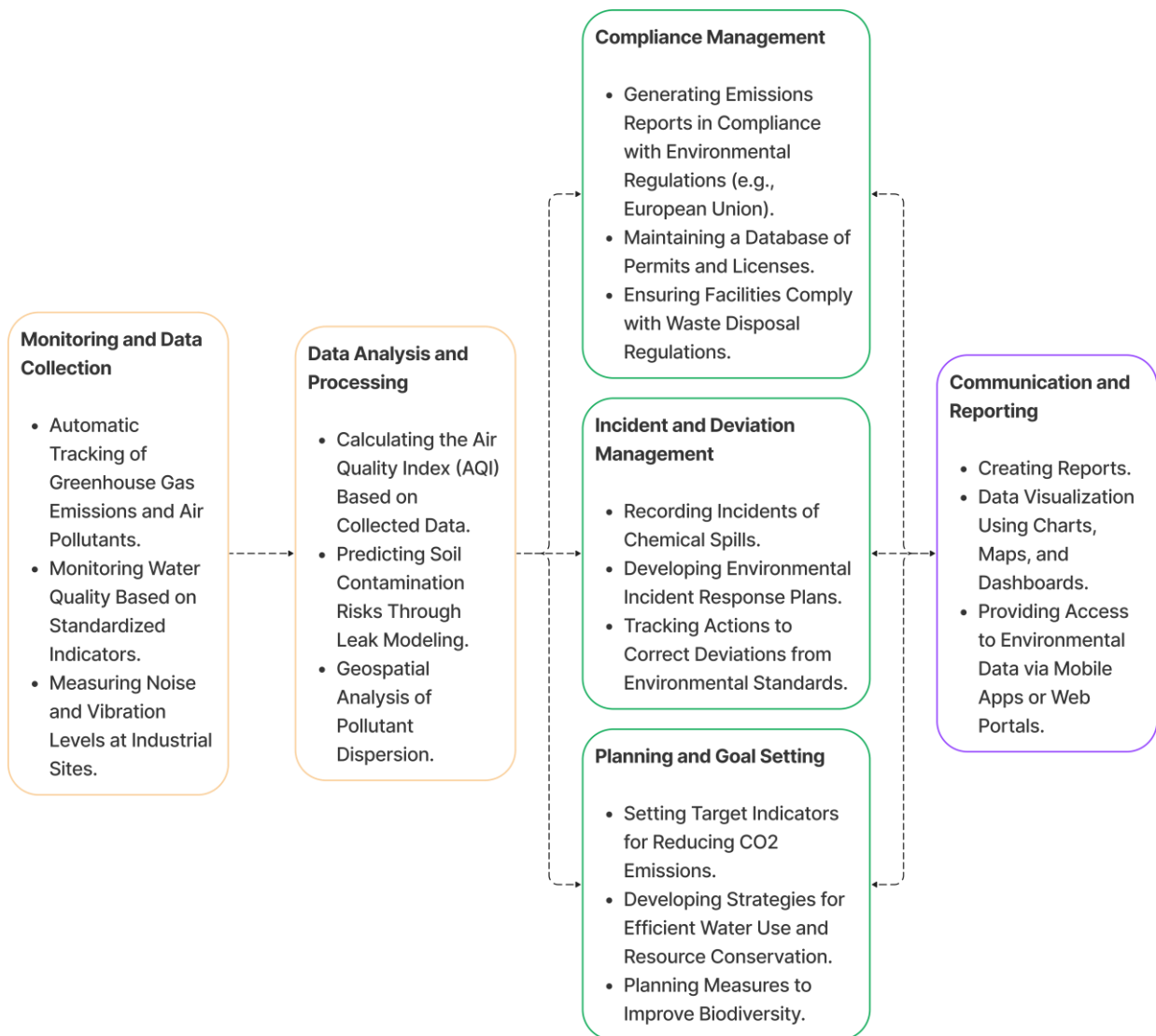
Each of these elements and components plays an important role in the functioning of EMS, with the Internet of Things (IoT) being a key technology that enables the collection of a large amount of real-time data and its integration into EMS.

**Functionality of Environmental Monitoring Systems: Detailed Overview of System Functions.**

Заверталоюк О., Наумовська О. І.

EMS offer a variety of functions for effective monitoring and management of an organization’s environmental aspects. By analyzing systems such as *Envira DS*, *EHS Software by EnviroDataSolutions*, *EHS Insight*, *ERA Environmental Management System*, *Envirosuite Omnis*, and *Rotronic RMS*, several key functional groups can be identified.

Each of these groups of functions plays a crucial role in ensuring effective environmental management. For example, data collection and monitoring allow organizations to obtain accurate and up-to-date information about the state of the environment, which forms the basis for further analysis and decision-making (Chan, 2016).



**Figure 3. Diagram of Key Functions of the Systems**

Заверталюк О., Наумовська О. І.

Analysis and data processing help identify trends and issues, assess environmental risks, and develop strategies to minimize them. Compliance management ensures adherence to environmental standards and regulations, preventing potential fines and sanctions (Zucki, 2015).

Incident and deviation management is vital for responding promptly to unforeseen situations and preventing their recurrence. Planning and goal setting enable organizations to establish specific environmental objectives and develop plans to achieve them, enhancing environmental performance.

Communication and reporting ensure transparency and openness regarding the environmental aspects of an organization's activities, increasing stakeholder trust and improving corporate reputation (Campos, 2015; Su, 2022).

Overall, the functionality of environmental monitoring systems encompasses a wide range of tasks, from environmental monitoring to risk management and reporting, allowing organizations to manage their activities effectively.

Tasks that can be solved using such systems include: Environmental monitoring of pollutant emissions, assessment and management of environmental risks, water resource management, waste disposal control, biodiversity conservation planning,

environmental auditing and reporting, and raising environmental awareness among employees and engaging the public in addressing urgent environmental issues.

Let's consider two tasks in detail. Environmental Audit and Reporting require organizations to ensure compliance with environmental standards and regulations, as well as to submit accurate and timely reports to governmental authorities and oversight agencies (Hartman D., 2018). EMS automates data collection and report generation processes, ensuring the accuracy and timeliness of information. The system can automatically track indicators subject to reporting and generate standardized reports ready for submission to regulators. EMS can also provide analytical tools to identify trends and deviations, aiding in the improvement of environmental policies and practices.

Environmental Risk Management involves identifying and managing environmental risks, requiring a comprehensive approach to data analysis and response strategy development. EMS allows for systematic risk analysis based on collected data. The system can use computational models to assess the likelihood and potential consequences of various environmental risks, such as water or soil contamination, chemical spills, or industrial accidents. Based on this assessment, EMS can help develop action plans to minimize risks, including

Заверталюк О., Наумовська О. І.

preventive measures and incident response plans (Zhang, 2020). These tasks illustrate the broad applicability of EMS in enhancing environmental performance and compliance within organizations, ultimately contributing to more sustainable and responsible industrial practices.

**Current Challenges.** One of the primary challenges is the difficulty in integrating these systems with an organization's existing technologies and infrastructure, which can lead to technical difficulties and increased implementation costs (Xi, 2016). Additionally, many systems have limited flexibility in terms of customization and adaptation to the specific needs of an organization, complicating their use in various industries or unique environmental contexts (Li, 2017).

Cost is another significant barrier. The high cost of licenses, maintenance, and updates for some systems limits their accessibility for small and medium-sized enterprises. The effectiveness of EMS also heavily relies on the quality and accuracy of input data. Poor data quality can lead to erroneous analyses and incorrect decisions. Some systems also have limited analytical capabilities, making it challenging to conduct deep data analysis and identify complex patterns.

**Data Security and Privacy:** Storing large amounts of environmental data

requires robust solutions to ensure their security and confidentiality, which can be challenging for some existing systems. The complexity of these systems necessitates specialized user training, increasing the time and cost of implementation.

**Resistance to Change:** Resistance among management also slows the integration of these systems within organizations. Low environmental awareness, lack of commitment to innovations among operational managers, and reluctance to adopt standards such as ISO 14001:2015 are significant factors delaying the implementation of EMS (Voli, 2021).

**Potential Paths for Functionality Improvement.** Key improvements include integrating these systems with the existing technologies and infrastructure of organizations. Developing more flexible interfaces and application programming interfaces (APIs) can facilitate integration and promote more efficient data exchange between different systems.

Reducing implementation and operational costs is crucial to ensuring their accessibility for a wide range of organizations and enterprises. Developing flexible pricing plans and utilizing cloud solutions can help lower overall costs and make the systems more affordable for small and medium-sized businesses.

Ensuring data security and privacy is critical in the context of increasing cyber

Заверталоук О., Наумовська О. І.

threats. Implementing advanced encryption technologies, user authentication, and access control can help protect environmental information from unauthorized access and malicious use.

Finally, simplifying the user training process is important for ensuring the rapid and effective implementation of the system. Developing intuitive interfaces, providing detailed documentation, and offering access to online courses can facilitate the system's adoption and reduce the time required for its implementation.

Collectively, these improvement directions can help make environmental monitoring systems more effective, flexible, and accessible.

**The Market for Environmental Management Systems (Table 1).** The market for environmental control software development includes several key companies, each offering unique solutions that differ in functional capabilities, target market segments, and approaches to integration and implementation.

Envira Global offers the Envira DS product, which focuses on air quality monitoring and management. The software includes tools for automatic data collection from sensors, analysis, and report generation, making it useful for organizations aiming to control pollutant emissions and comply with environmental standards.

EnviroDataSolutions offers EHS Software, which is oriented towards a wide range of tasks in the field of environmental protection, health, and safety. The software includes modules for managing data on emissions, waste, risks, and incidents, as well as ensuring compliance with environmental regulations and standards.

EHS Insight offers a solution for environmental management that enables enterprises to monitor their environmental impact. The software includes features for emissions monitoring, resource and energy management, as well as environmental auditing and reporting.

ERA Environmental Management System offers a comprehensive approach to environmental management, covering aspects from pollutant monitoring to waste and water resource management. The system supports integration with other corporate systems and provides tools for data analysis and decision-making.

Envirosuite Omnis is an industrial monitoring platform that allows users to track various environmental parameters, such as air quality, noise, vibrations, and odors. The system provides real-time monitoring and data analysis, as well as supports the development of strategies to minimize negative environmental impacts.

## 1. Comparative Analysis of Environmental Monitoring Software Solutions

Company	Main Functions	Target Segment	Module Availability
ENVIRA DS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data collection from stations (integrated with all types of instruments, emission data, meteorological data)</li> <li>• Data verification and automation</li> <li>• Detection of anomalous situations</li> <li>• Trend determination, seasonally adjusted, and visualization on a single platform</li> </ul>	Air transport, heavy industry, oil refining industry	Yes
EnviroData EDMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring and analysis of water quality data</li> <li>• Management of bioanalysis and soil quality data</li> <li>• Monitoring of meteorological conditions</li> </ul>	Water management, laboratories, regulatory authorities	Yes
EHSInsight	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducting audits and generating reports</li> <li>• Tracking environmental parameters</li> <li>• Data visualization</li> </ul>	Oil refining industry, automotive industry	Yes
ERA environmental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Management of the water sampling process and analysis of their quality</li> <li>• Management of wastewater treatment processes</li> <li>• Monitoring of greenhouse gases</li> <li>• Tracking and management of hazardous chemical waste</li> </ul>	Aerospace industry, chemical industry, automotive industry	No
EnviroSuite Omnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyperlocal tracking of meteorological data</li> <li>• Noise and dust control</li> <li>• Air emissions modeling</li> <li>• Detection and analysis of noise and vibration data</li> </ul>	Mining industry, extraction industry	No

Rotronic RMS offers a solution for environmental condition monitoring that focuses on the accuracy and reliability of data collection. The system is suitable for use in analytical laboratories and production facilities.

**Trends in the Development of Environmental Management Systems.** Currently, several key trends are shaping the future of the EMS market.

First and foremost, integration with other management systems is becoming

Заверталюк О., Наумовська О. І.

increasingly common. Organizations are striving to create a unified platform that provides a comprehensive view of all management aspects, including quality, occupational safety, energy management, and environmental management. This promotes better coordination of actions and resource optimization.

The second important trend is the use of cloud technologies. Cloud-based EMS offers greater flexibility and accessibility, allowing users to easily access data and tools from anywhere in the world. This also facilitates collaboration between different departments and organizations.

The third trend is the use of artificial intelligence. Modern EMS incorporates AI tools that enable deeper analysis of large volumes of environmental data, identify trends, and make predictions.

The fourth trend is the growing focus on mobility. Mobile applications and interfaces are becoming more widespread, allowing employees to monitor and manage environmental risks directly from their smartphones or tablets. This enhances the efficiency of environmental control and reporting, and enables the rapid provision of environmental information and notifications to the public when necessary.

**Users of Environmental Management Systems and Control of Anthropogenic Impact on Environmental Components.** EMS are applied across various industries as

organizations strive to reduce their environmental impact and comply with increasingly stringent environmental regulations.

One of the primary industries where EMS are actively used is heavy industry, including chemical plants, metallurgical complexes, and other enterprises that generate significant volumes of emissions and waste (Magjun, 2020).

The energy sector also widely employs EMS to manage greenhouse gas emissions. This is particularly relevant for thermal and nuclear power plants, as well as companies involved in the extraction and processing of coal, oil, and gas (Razit, 2022).

Water management and wastewater treatment is another area of EMS application. These systems help monitor water quality, track pollutant levels in wastewater, and optimize treatment processes.

Additionally, EMS are used in the construction and real estate sectors to manage the environmental impact of large construction projects and monitor emissions from construction machinery (Zucki, 2015).

These industries rely on EMS to ensure compliance with environmental regulations, minimize their ecological footprint, and enhance sustainability practices.

**Examples of Successful Use of Systems (Corporations BASF and**

Заверталоюк О., Наумовська О. І.

**Valspar**). BASF is one of the largest chemical companies in the world, producing a wide range of products, from growth regulators to plastics. By using EMS, BASF has improved its data management processes for emissions and waste. The application of the system has allowed the company to save over 2000 working hours per year, which, at an average specialist wage of \$75 per hour, translates to savings of approximately \$150,000 annually (ERA Environmental Management Solutions, 2016).

Valspar, a renowned manufacturer of paints and coatings, also uses EMS to manage its environmental commitments. The system has enabled the company to automate processes for data collection on emissions, waste management, and reporting. As a result, Valspar has noted a reduction in the time spent on data entry and number processing by over 75%, leading to significant time and cost savings. These examples demonstrate how EMS can be used by large corporations to effectively manage environmental risks and ensure compliance with regulatory requirements.

### References

1. Essa S., Petra R., Uddin M. R., Suhaili W. S. H. and Ilmi N. I., (2020). IoT-Based Environmental Monitoring System for Brunei Peat Swamp Forest. International Conference on Computer Science and Its Application in Agriculture (ICOSICA), Bogor, Indonesia, 2020,

**Conclusions and Recommendations.** Currently, EMS are not merely tools for environmental monitoring, control, and reporting, nor just for reducing environmental taxes and fines, but they are also powerful means for optimizing rational natural resource use. The progress in EMS development is a clear indication of how technologies can serve the achievement of sustainable development goals and the ecological safety of industrial activities. The successful implementation of such systems by large companies like BASF and Valspar demonstrates that with the right approach and tools, businesses can not only thrive but also contribute to environmental protection and the rational consumption of natural resources. It is also important to remember that EMS require continuous updates, adaptation to new challenges, and interaction with other management systems. The implementation of such environmental control, monitoring, and risk prevention systems in the industrial activities of enterprises will simplify the procedure for environmental reporting and compliance with environmental requirements and legislation at enterprises in Ukraine.

pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/ICOSICA49951.2020.9243279>.

2. Burritt R. L., Herzig C., Schaltegger S., Viere T., (2019). Diffusion of environmental management accounting for cleaner production: Evidence from some case studies, *Journal of Cleaner Production*, Volume 224, 2019, Pages

Заверталоюк О., Наумовська О. І.

479-491, ISSN 0959-6526,  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.227>.

3. Goldstein, J. E., & Faxon, H. O. (2022). New data infrastructures for environmental monitoring in Myanmar: Is digital transparency good for governance. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 5(1), 39-59. <https://doi.org/10.1177/2514848620943892>.

4. Jayashree S. et al., (2021). Impact of Cleaner Production and Environmental Management Systems on Sustainability: The Moderating Role of Industry 4.0. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 795. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/795/1/012013>.

5. Waly O. et al., (2021). Design Environmental Impacts Model of Chemicals in Integrated Management System (Case Study: in Chemicals Industry). *Journal of Environmental Studies and Researches*. <https://doi.org/10.21608/jesr.2021.244285>.

6. Ikram M. et al., (2019). Do environmental management systems help improve corporate sustainable development? Evidence from manufacturing companies in Pakistan." *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.03.265>.

7. Le T. et al., (2019). Environmental Management Accounting and Performance Efficiency in the Vietnamese Construction Material Industry-A Managerial Implication for Sustainable Development. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11195152>.

8. Chan E. et al., (2016). Environmental management research in hospitality. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 28: 886-923. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-02-2015-0076>.

9. Xuemei Xie et al., (2016). Assessing the environmental management efficiency of manufacturing sectors: evidence from emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 112: 1422-1431. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.08.006>.

10. Ambika Zutshi et al., (2015). An international review of environmental initiatives

in the construction sector. *Journal of Cleaner Production*, 98: 92-106. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.06.077>.

11. Campos L. M. et al., (2015). Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies. *Journal of Cleaner Production*, 99: 286-296. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.03.019>.

12. Hartmann J. et al., (2018). Linking Environmental Management to Environmental Performance: The Interactive Role of Industry Context. *Business Strategy and The Environment*, 27: 359-374. <https://doi.org/10.1002/BSE.2003>.

13. Biao Li et al., (2017). Environmental Management System Adoption and the Operational Performance of Firm in the Textile and Apparel Industry of China. *Sustainability*, 9: 992. <https://doi.org/10.3390/SU9060992>.

14. Zhenyu Jiang et al., (2020). Can voluntary environmental regulation promote corporate technological innovation? *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/BSE.2372>.

15. Weerasinghe I. et al., (2018). A Study on the Impacts of ISO 14001:2015 Certification on Organisational Environmental Performance, 23. <https://doi.org/10.31357/FESYMPO.V23I0.3788>.

16. Rasit Z. et al., (2022). Linking Advanced Technology Industry 4.0 to Environmental Management Accounting (Ema): Impact on Environmental Performance." 13th GLOBAL CONFERENCE ON BUSINESS AND SOCIAL SCIENCES. [https://doi.org/10.35609/gcbssproceeding.2022.1\(36\)](https://doi.org/10.35609/gcbssproceeding.2022.1(36)).

17. Mahzun R. et al., (2020). Effect of ecological, economic and social factors on the implementation of ISO 14001 environmental management system in heavy industries in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8984>.

Заверталюк О., Наумовська О. І.

18. Weizhou Su et al., (2022). Study on the Influence Mechanism of Environmental Management System Certification on Enterprise Green Innovation. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912379>.

19. Environmental monitoring software: Air Emissions Modelling. Envirosuite. URL: <https://envirosuite.com/platforms/industrial/omnis>.

20. EDS, Inc. EDMS. Environmental Data Management Software (EDMS). URL: <https://www.envirodatasolutions.com/EHS-Software/EDMS-Software>.

21. Заверталюк О., Наумовська О., (2024). Інформаційні системи екологічного контролю впливу на довкілля. X Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених «Екологія – філософія існування людства», 24-25 квітня 2024 р., НУБіП України, Київ – С. 97-99. URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/zbirnik\\_filosofiya\\_2024](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/zbirnik_filosofiya_2024).

22. ERA Environmental Management Solutions. ROI Case Study: EMS for the Chemical Industry. URL: [https://lando.era-environmental.com/chemical\\_ems\\_roi\\_ebook](https://lando.era-environmental.com/chemical_ems_roi_ebook).

## КОМПЛЕКСНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З УПРАВЛІННЯ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

О. Заверталюк, О. І. Наумовська

***Анотація.** У сучасному світі ефективний екологічний контроль набуває нового значення через антропогенний вплив на екосистеми та їх компоненти. Системи екологічного контролю та управління (EMS) стають необхідністю для промисловості, допомагаючи зменшити антропогенний вплив на навколишнє середовище та оптимізувати використання природних ресурсів. Стаття розглядає різні типи EMS, їхні особливості, архітектуру та моделі обчислень. Основні функції систем включають моніторинг та збір даних, аналіз та обробку даних, управління відповідністю, управління інцидентами та відхиленнями, планування та встановлення цілей, а також комунікацію та звітність. EMS вирішують завдання, пов'язані з екологічним аудитом, звітністю та управлінням екологічними ризиками виробничих процесів. На ринку існують різні системи, кожна з яких пропонує унікальні рішення для різних індустрій. Приклади успішного використання систем включають компанії BASF та Valspar, які заощадили значні ресурси завдяки впровадженню EMS у виробництво. У висновках наголошується на важливості EMS для сталого розвитку та екологічної безпеки, а також на необхідності їх постійного оновлення та адаптації до нових викликів.*

***Ключові слова:** Environmental monitoring, Environmental control, Environmental pollution, Environmental risk management, Sustainable natural resource management, Environmental Management Systems, Compliance Management, Sustainability, Industrial Impact Reduction*

Заверталюк О., Наумовська О. І.

**How to Cite:** Zavertaliuk, O., & Naumovska, O. (2024). A comprehensive overview of modern environmental management software. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.004](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.004)

**УСПАДКУВАННЯ F<sub>1</sub> TRITICUM AESTIVUM L. СТІЙКОСТІ ПРОТИ FUSARIUM GRAMINEARUM SCHWABE****Л. А. МУРАШКО**, <http://orcid.org/0000-0002-0438-7682>

E-mail: murashko\_liudmyla@ukr.net

**О. В. ГУМЕНЮК**, кандидат сільськогосподарських наук,<http://orcid.org/0000-0002-1147-088X>

E-mail: alexgymenyk@ukr.net

**В. В. КИРИЛЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник, <http://orcid.org/0000-0002-8096-4488>

E-mail: verakurulenko@ukr.net

**Ю. М. СУДДЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук,<http://orcid.org/0000-0001-6586-1977>

E-mail: suddenko.j@gmail.com

**Т. І. МУХА**, <http://orcid.org/0009-0003-8660-9115>

E-mail: ninazamlila@ukr.net

*Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України***Н. В. НОВИЦЬКА**, доктор сільськогосподарських наук, професор<https://orcid.org/0000-0002-7645-4151>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: novictska@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovid.3\(109\).2024.005](https://doi.org/10.31548/dopovid.3(109).2024.005)

**Анотація.** У статті наведено результати дослідження успадкування стійкості F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої проти збудника *Fusarium graminearum* Schwabe на основі аналізу 22 гібридних комбінацій, одержаних від схрещування п'яти сортів пшениці м'якої озимої та п'яти джерел стійкості щодо даного захворювання. При залученні до схрещування різних за ступенем стійкості проти фузаріозу колоса материнських та батьківських форм пшениці м'якої озимої відмічали всі типи домінування ознаки стійкості проти патогена. За період 2021–2023 рр. високий ступінь домінування встановили у 13,6 % гібридних комбінацій: МПП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) (2,1 (гетерозис), 1,2 (гетерозис), 2,7 (гетерозис) відповідно), (Донской простор / Славна) / МПП Вишиванка (0,9 (часткове позитивне домінування), 2,1 (гетерозис), 1,6 (гетерозис) відповідно), [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська] / Подолянка (1,3 (гетерозис), 0,4 (проміжне успадкування) 2,2 (гетерозис) відповідно) з залученням у схрещування сортів пшениці м'якої озимої Подолянка та МПП Вишиванка та донорів стійкості проти збудника фузаріозу (BILINMEVEN-49 / Наталка), (Донской простор / Славна), [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська]. Зважаючи на показники наддомінування (гетерозису) за три роки дослідження, сорт МПП Вишиванка варто використовувати як материнську форму, так і як

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В. *запилювач, а сорт Подолянка – як запилювач. Для ефективної селекційної роботи над створенням стійких генотипів проти Fusarium graminearum найбільшу цінність репрезентували гібридні комбінації з наддомінуванням (гетерозис). Наявність селекційного матеріалу та інфекційного фону патогена дає можливість підвищити ефективність селекційного процесу у створенні стійких сортів пшениці озимої.*

**Ключові слова:** пшениця м'яка озима, сорт, гібрид, резистентність, фенотипові домінування, *Fusarium graminearum* Schwabe

**Актуальність.** Захворювання сільськогосподарських рослин в агроценозах можуть бути зумовлені різними чинниками, втім одним із ключових вважається накопичення фітопатогенної мікробіоти в ґрунті, насінні та рослинних рештках. *Triticum aestivum* L. – одна з найважливіших зернових продовольчих культур, втім її виробництво лімітоване численними біотичними та абіотичними чинниками (Кирильчук & Ковальчук, 2021). Провідну роль у патогенезі відіграють представники роду *Fusarium* Link, які характеризуються широким ареалом, займають різні екологічні ніші.

Фузаріоз колосу (збудник – *Fusarium graminearum* Shwabe) є шкодочинною хворобою, яка проявляється щороку, особливо в лісостеповому регіоні України. Ступінь шкодочинності залежить від періоду інфікування посівів та темпів наростання хвороби. При сильному ураженні колосу збудниками *Fusarium* Link зменшується кількість зерен та їх маса, що впливає на значні втрати врожаю і зниження якості продукції. Фузаріозні гриби

погіршують посівні якості насінневого матеріалу, а внаслідок виділення у зерні токсичних речовин можуть викликати отруєння людей і тварин (Мурашко et al., 2021).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Фузаріоз колосу викликають різні види збудника роду *Fusarium* Link. Найбільш небезпечними та поширеними в Україні та в умовах центральної частини України видами є: *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae*, *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. oxysporum* (Джам & Михайленко, 2021). Гриби роду *Fusarium* завдають особливої шкоди в роки з вологою погодою та помірними температурами після фази колосіння. Критичним періодом для зараження є фаза цвітіння. Недобір урожаю при ураженні видами *Fusarium* Link може сягнути до 80 %, виникають проблеми із реалізацією продуктивного потенціалу, при цьому погіршуються посівні якості насіння: енергія проростання і схожість можуть знижуватися до 35–40 %. Збудники *Fusarium* Link погіршують хлібопекарські якості зерна, негативно впливаючи на якість

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

борошна *Triticum aestivum* L. Інфіковане зерно містить мікотоксини: дезоксиніваленол і зеараленон, які дуже шкідливі для людини і тварин (Бушулян, 2008).

Особливо небезпечна глибинна інфекція, коли збудник досягає зародку зернівки за ураження колосся на ранніх фазах розвитку в період цвітіння і до молочної стиглості зерна *Triticum aestivum* L. У цьому випадку грибниця повністю пронизує зерно, внаслідок чого воно втрачає схожість. У колосках, заражених у цей період, формуються щуплі білуваті зерна, часто з видимим нальотом грибниці на поверхні зернівки. Таке зерно майже повністю втрачає схожість. За пізніх строків зараження уражені зернівки, як правило, зовні не відрізняються від здорових, але несуть приховану форму інфекції. Подібне зерно залишається в партії товарного зерна і створює найбільшу загрозу, оскільки є джерелом інфекції для здорового зерна в період зберігання. Ураження колоса впливає на інфікування зерна, у результаті чого недобір урожаю сягає 45–73%, погіршуються посівні якості зерна: енергія проростання і схожість можуть знижуватися на 24%, маса 1000 насінин – на 39–72%. Пустоколосість уражених колосків інколи досягає 60% (Krnjaja et al., 2022; Ignjatov et al., 2021).

Створенню стійких сортів пшениці озимої щодо фузаріозу колоса за допомогою схрещування

присвячені багаторічні наукові дослідження (Горщар & Педаш, 2015). Основну увагу селекціонерів привертають сорти з генетичними носіями стійкості. Джерелами стійкості також є сорти Frontana (бразильського походження), Nobeokabouzi (з Японії) та інші, хоча вони мають лише середній рівень стійкості (Крючкова et al., 2010). Результати досліджень Інституту фізіології рослин і генетики НАН України вказують на різницю між сортами вітчизняної селекції щодо стійкості проти фузаріозу. Крім того, запропоновано генетичну маркерну систему для попереднього визначення сортозразків пшениці, стійких проти ураження грибами роду *Fusarium* (Чеченева et al., 2010). Така стійкість забезпечується фізіологічно, на клітинному рівні і не залежить від фази розвитку рослин.

В умовах інтенсивного сільськогосподарського виробництва хвороби *Triticum aestivum* L. є одним із основних факторів, які обмежують ріст урожайності та валових зборів продукції (Savary et al., 2019). Нині в Україні та багатьох країнах світу ведеться пошук стійкості пшениці проти фузаріозу колоса. Але цього недостатньо, оскільки стійкість обмежена в часі, тому необхідно й надалі проводити ретельний відбір джерел та донорів стійкості та залучати їх до селекційного процесу. У зв'язку з цим селекція за стійкості проти хвороб не втрачає свого

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

значення і щорічно створюють нові гібридні комбінації, стійкі до комплексу хвороб. Роздільні обліки, пошук генів, що відповідають за формування різних типів стійкості, їх об'єднання в одному генотипі – схема сучасної селекційної програми, завершальним етапом якої є перенесення стійкості, отриманої з різних джерел, в добре адаптовані до умов вирощування витривалі генотипи (Моцний et al., 2020). При цьому стійкість до хвороб є лише однією з ознак майбутнього сорту, тому сорти, які створюються, повинні мати оптимальне поєднання зимостійкості, посухостійкості та продуктивності (Звягін et al., 2008).

Роботи, присвячені дослідженню стійкості проти *Fusarium graminearum*, сьогодні зустрічаються зрідка, недостатньо дослідженими залишаються механізми спадковості ознаки у гібридних організмів залежно від вихідних форм, зокрема джерела стійкості створені у попередні роки. Тому на сьогоднішній день є актуальним дослідження за визначення характеру успадкування стійкості проти збудника *Fusarium graminearum* Schwabe (*F. graminearum*) у гібридів F<sub>1</sub>. *Triticum aestivum* L.

**Мета** – створення інфекційного матеріалу і штучного фону патогена та аналіз генотипів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої за стійкістю проти патогена *F. graminearum*.

## Методи.

Дослідження проводили в польових інфекційних (зараження проводили у фазу цвітіння, обприскували суспензією гриба, облік проводили на 7, 14 дні) та природних розсадниках (Методологія., 2010) лабораторії селекції пшениці озимої Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП). Матеріалом для досліджень слугували 34 гібриди F<sub>1</sub>, створені у 2020 р. із залученням джерел стійкості (MV 20-88 / Смуглянка, BILINMEVEN-49 / Наталка, Донской простор / Славна, Миронівська ранньостигла / CATALON та (Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська) проти *F. graminearum* пшениці м'якої озимої та нові сорти миронівської селекції (МІП Княжна, МІП Фортуна, МІП Вишиванка, Аврора миронівська, Подолянка) у результаті проведення прямих та зворотних схрещувань сортів пшениці м'якої озимої лабораторії селекції озимої пшениці МІП. Насіння гібридів висівали вручну, за схемою: материнська форма, гібрид, батьківська форма (запилювач). Обмолот колосів проводили вручну. Для максимальної реалізації програми застосовували розріджений спосіб сівби: відстань між рослинами у рядку – до 5 см, між рядками – 30 см. Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження, за настання повної стиглості – структурний аналіз елементів

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

продуктивності колоса батьківських компонентів та комбінацій схрещування ( $F_1$  – 25 рослин) (Перепелиця та ін., 2022). Інтенсивність ураження проти *Fusarium graminearum* пшениці здійснювали за методиками вчених

$$hp = (F_1 - MP) / (BP - MP),$$

де:  $hp$  – ступінь домінування;

$F_1$  – середнє арифметичне значення показника у гібрида;  $MP$  – середнє арифметичне значення показника обох батьківських форм;  $BP$  – середнє арифметичне значення батьківського компонента з сильнішим розвитком ознаки

Позитивне наддомінування (гетерозис) (НД)

Часткове позитивне домінування (ЧПД)

Проміжне успадкування (ПУ)

Часткове від'ємне успадкування (ЧВУ)

Негативне наддомінування (депресія) (Д)

Для виділення збудників грибів роду *Fusarium* у чисту культуру застосовували фітопатологічний аналіз зразків зерна у лабораторних умовах. Досліджуване зерно гібридних популяцій стерилізували поверхнево, шляхом пронесення його над полум'ям спиртівки та замочуванням в розчині Domestos. Стерильне зерно розкладали в чашки Петрі на живильне середовище картопляно-глюкозного агару (КГА), по десять насінин у десять чашок (100 насінин). Ізоляти оглядали на 5–7 добу, фіксуючи наявність чи відсутність мікроконідій. Кінцеву ідентифікацію збудників здійснювали за мікроскопічного дослідження з

(Шелепов et al., 2005; патент № 128676, 2017). Ступінь фенотипового домінування у гібридних комбінаціях за даною кількісною ознакою обраховували за формулою В. Griffing (1950):

(найнижча частка (%) інтенсивності ураження).

Діапазон, в якому лежить ступінь домінування ( $hp$ ), охоплює будь які значення від  $-\infty$  до  $+\infty$  (Жупина et al., 2022).

Дані групували за класифікацією G. M. Veil, R. E. Atkins (1965):

$$hp > + 1;$$

$$+ 0,5 < hp \leq + 1;$$

$$- 0,5 \leq hp \leq +0,5;$$

$$- 1 \leq hp < - 0,5;$$

$$hp < - 1.$$

урахуванням морфологічних особливостей, наявності або відсутності хламідоспор. У результаті досліджень виділені найбільш агресивні ізоляти збудника гриба *F. graminearum* для напрацювання інокулюму та створення штучного інфекційного фону в польових умовах (Муха & Мурашко, 2019; Демидов et al., 2022).

**Результати.** Як відомо, на розвиток хвороб пшениці озимої в значній мірі впливають погодні умови, а саме від суми ефективних температур повітря та кількості опадів. У 2021 р. весняно-літній період вегетації пшениці показники середньомісячних температур були

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

вищі багаторічних у березні і червні на 1,0 та 1,5°C, відповідно, а у квітні, травні спостерігали зниження температури повітря у порівнянні із багаторічними даними (-1,4, -0,8 відповідно).

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за травень, червень, липень даного року відповідав 3,1, 2,7, 2,6, перезволоження сприяло проявленню та інтенсивності розвитку збудника фузаріозу колоса.

У 2022 р. весняно-літній період вегетації пшениці спостерігали за достатню кількість вологи, хоча кількість опадів була нижче багаторічної на 7–30 мм, лише у квітні випало 349 % опадів від середньої багаторічної кількості. За показником вологозабезпечення звітний рік віднесли до року з слабкою посухою (ГТК = 0,9). У квітні 2023 р. відмічали надмірне вологозабезпечення, перевищення кількості опадів від норми становило 40,0 мм, а у подальшому впродовж періоду з травня по червень примічали досить гострий дефіцит опадів, особливо це відчутно було у травні – лише 21,0 мм (середньобагаторічний показник – 51,4 мм). Весняний (квітень – червень) період не сприяв розвитку збудника фузаріозу колоса. Відповідно рівень ГТК був низьким: квітень – 0,89, травень – 0,46, червень – 0,67, а інтенсивність ураження збудником фузаріозу колоса сягала від 1,0 до 10,4 % на штучно-інфекційному фоні, на природному – 1,0–3,1 %, що свідчить

про незначне ураження рослин пшениці озимої.

За результатами оцінки рослин F<sub>1</sub> 22 гібридні комбінації установили різний ступінь фенотипового домінування (табл.), за яким визначено тип успадкування ознак, що в свою чергу залежало від батьківських компонентів та погодних умов. Аналіз результатів оцінки ступеня фенотипового домінування, успадкованої стійкості до *Fusarium graminearum* у F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої від батьківських форм (рис.) свідчить, що в межах даної сукупності успадкування відбувається за спектром типів: гетерозис (НД), частково позитивне домінування (ЧПД), проміжне успадкування (ПУ), частково від'ємне успадкування (ЧВУ) та негативне наддомінування (Д).

На основі показника ступеня фенотипового домінування у 2021 р. встановлено, що серед гібридних комбінацій F<sub>1</sub> 13,63 % проявили наддомінування (НД) щодо *Fusarium graminearum*. Найбільший гетерозис спостерігали у трьох гібридних комбінаціях: МПП Княжна / (Донской простор / Славна) (hp = 2,4), МПП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) (hp = 2,1), [(Mikon / ALMA) / Легенда Миронівська] / Подолянка (hp = 1,3). Часткове позитивне домінування (ЧПД) виявили у 36,37 % гібридних комбінаціях, варто зазначити реципрокні комбінації МПП

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

Княжна ↔ (MV 20-88 / Смуглянка) (hr = 0,6; 0,9 відповідно) та МІП Вишиванка ↔ [(Mikon / ALMA) / Легенда Миронівська] (hr = 0,6; 0,7 відповідно). А також у прямих схрещуваннях – (Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка (hr = 0,9),

МІП Княжна / (Миронівська ранньостигла / CATALON) (hr = 0,6) та інші. Проміжне успадкування ознаки (ПУ) встановили у 13,63 % гібридів, депресію (Д) – 36,37 % (рис. А).

### Ступінь фенотипового домінування за стійкістю проти *Fusarium graminearum* Schwabe у F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої, 2021–2023 рр.

Гібридна комбінація	Ступінь фенотипового домінування (hr), тип домінування		
	2021	2022	2023
МІП Княжна / (MV 20-88 / Смуглянка)	0,6 / ЧПД	0,8 / ЧПД	6,0 / НД
(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна	0,9 / ЧПД	0,8 / ЧПД	-0,4 / ПУ
МІП Княжна / (МІР ранньостигла / CATALON)	0,6 / ЧПД	0,2 / ПУ	1,0 / ЧПД
(МІР ранньостигла / CATALON) / МІП Княжна	-2,0 / Д	0,4 / ПУ	-4,0 / Д
МІП Княжна / (Донской простор / Славна)	2,4 / НД	0,3 / ПУ	-0,2 / ПУ
(Донской простор / Славна) / МІП Княжна	-1,3 / Д	2,6 / НД	2,4 / НД
Подольанка / (Донской простор / Славна)	-3,4 / Д	1,3 / НД	0,9 / ЧПД
(Донской простор / Славна) / Подольанка	0,7 / ЧПД	0,9 / ЧПД	0,6 / ЧПД
Подольанка / [(Mikon / ALMA) / Легенда МІР]	0,3 / ПУ	1,4 / НД	0,4 / ПУ
[(Mikon / ALMA) / Легенда МІР] / Подольанка	1,3 / НД	0,4 / ПУ	2,2 / НД
МІП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	2,1 / НД	1,2 / НД	2,7 / НД
(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Вишиванка	-1,2 / Д	0,3 / ПУ	0,5 / ПУ
МІП Вишиванка / (Донской простор / Славна)	-1,8 / Д	-1,3 / Д	0,6 / ЧПД
(Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка	0,9 / ЧПД	2,1 / НД	1,6 / НД
МІП Вишиванка / [(Mikon / ALMA) / Легенда МІР]	0,6 / ЧПД	0,8 / ЧПД	0,6 / ЧПД
[(Mikon / ALMA) / Легенда МІР] / МІП Вишиванка	0,7 / ЧПД	0,5 / ПУ	0,5 / ПУ
МІП Фортуна / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	0,4 / ПУ	0,8 / ПУ	-0,5 / ПУ
(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Фортуна	0,6 / ЧПД	0,5 / ПУ	0,2 / ПУ
МІП Фортуна / (Донской простор / Славна)	-1,6 / Д	1,3 / НД	0,5 / ПУ
(Донской простор / Славна) / МІП Фортуна	-2,3 / Д	1,6 / НД	-0,7 / ЧВУ
МІП Фортуна / [(Mikon / ALMA) / Легенда МІР]	0,1 / ПУ	0,1 / ПУ	0,1 / ПУ
[(Mikon / ALMA) / Легенда МІР] / МІП Фортуна	-1,4 / Д	0,1 / ПУ	0,6 / ЧПД

**Примітки:** 1. МІР – Миронівська, Миронівський, 2. НД – гетерозис (позитивне наддомінування), ЧПД – часткове позитивне наддомінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧВУ – часткове від'ємне успадкування, Д – депресія (негативне наддомінування).

У 2022 р. за ознакою стійкістю проти збудника фузаріозу колоса гетерозис встановлено у 31,81 % гібридних комбінацій F<sub>1</sub>. При залученні до схрещування донора стійкості проти *Fusarium graminearum* – Донской простор / Славна, спостерігали гетерозис в гібридних комбінаціях: (Донской

простор / Славна) / МІП Княжна (hr = 2,6), (Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка (hr = 2,1), Подольанка / (Донской простор / Славна) (hr = 1,4). Реципрокна гібридна комбінація МІП Фортуна ↔ (Донской простор / Славна) мали високий рівень позитивного домінування (hr = 1,3; 1,6 відповідно), часткове позитивне

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

домінування ознаки виявили у 18,19 % гібридів, проміжне успадкування – 45,46 %, депресію (Д) – 4,54 % (рис. Б).

У 2023 р. за ступенем фенотипового домінування гібридні комбінації розподілили таким чином: 22,73 % проявили гетерозис, 27,28 % – частково позитивне наддомінування, 40,91 % – проміжне успадкування, 4,54 % – часткове від’ємне успадкування, 4,54 % – депресія. Гетерозис розкрили у гібридних комбінаціях: МПП Княжна / (MV 20-88 / Смуглянка) ( $h_r = 6,0$ ),

МПП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) ( $h_r = 2,7$ ), (Донской простор / Славна) / МПП Княжна ( $h_r = 2,4$ ), [(Mikon / ALMA) / Легенда Миронівська] / Подолянка ( $h_r = 2,2$ ) та (Донской простор / Славна) / МПП Вишиванка ( $h_r = 1,6$ ). Частково позитивне домінування виявили у реципрокній гібридній комбінації Подолянка  $\leftrightarrow$  (Донской простор / Славна) ( $h_r = 0,9; 0,6$ ), в якій залучене до схрещування джерело стійкості проти фузаріозу колоса – Донской простор / Славна (рис. В).

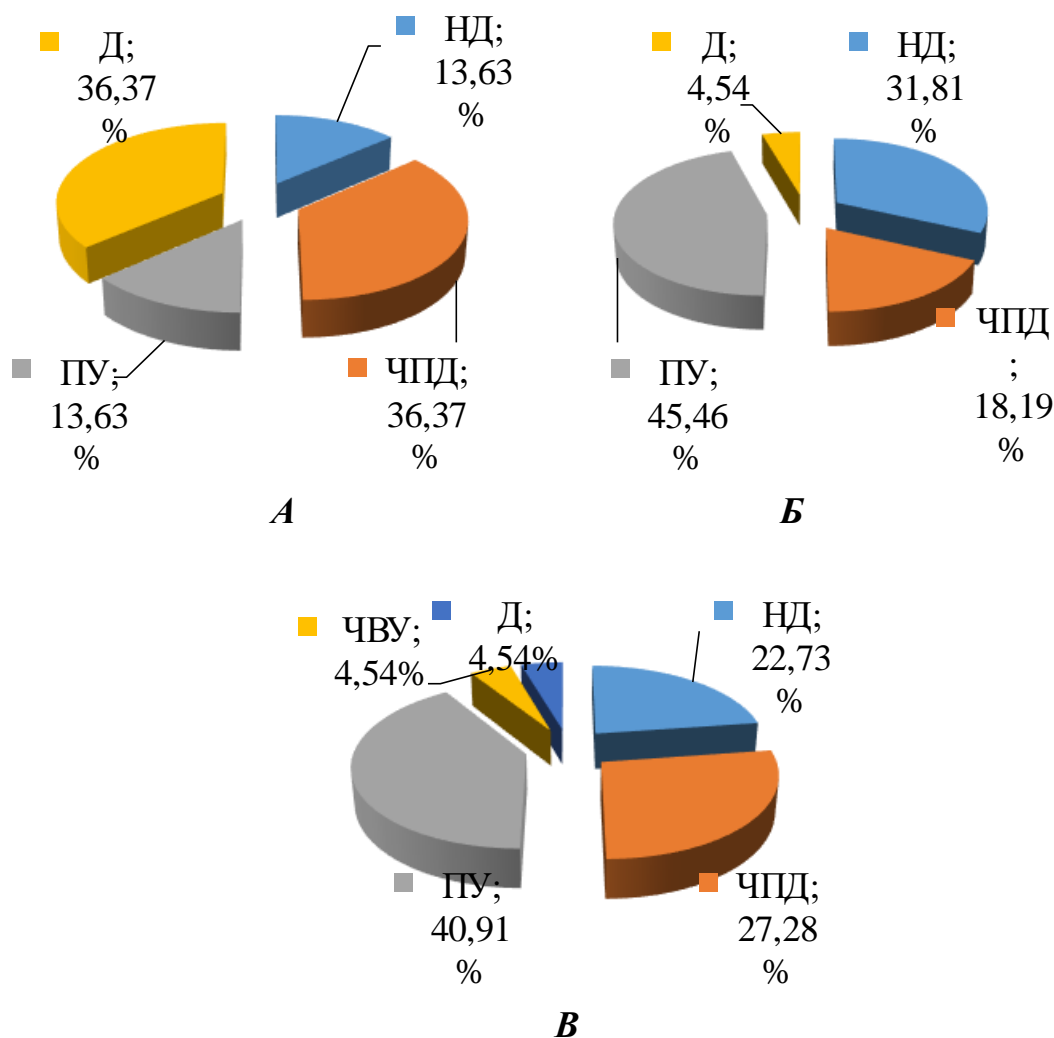


Рис. Оцінка ступеня фенотипового домінування стійкості щодо *Fusarium graminearum* Schwabe у F1 пшениці м'якої озимої за 2021 р. (А), 2022 р. (Б) і 2023 р. (В)

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

Для ефективної селекційної роботи над створенням стійких генотипів проти *Fusarium graminearum* найбільшу цінність репрезентували гібридні комбінації з наддомінуванням (гетерозис). За період 2021–2023 рр. високий ступінь домінування встановили у 13,6 % гібридних комбінаціях: МПП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) (2,1 (НД), 1,2 (НД), 2,7 (НД) відповідно), (Донской простор / Славна) / МПП Вишиванка (0,9 (ЧПД), 2,1 (НД), 1,6 (НД) відповідно), [(Mikon / ALMA) / Легенда Миронівська] / Подолянка (1,3 (НД), 0,4 (ПУ) 2,2 (НД) відповідно) з залученням у схрещування сортів пшениці м'якої озимої Подолянка та МПП Вишиванка та донорів стійкості проти збудника фузаріозу (BILINMEVEN-49 / Наталка), (Донской простор / Славна), [(Mikon / ALMA) / Легенда Миронівська].

Зважаючи на високі показники (НД) гетерозису за три роки дослідження, сорт МПП Вишиванка варто використовувати як материнську форму так і як запилювач, а сорт Подолянка – як запилювач. Це свідчить про здатність сортів стабільно із високою вірогідністю у гібридів із джерелом стійкості формувати гетерозисні популяції проти даного патогена, котрі забезпечуватимуть у наступних поколіннях високостійкі форми проти *Fusarium graminearum*.

**Висновки і перспективи.** При залученні до схрещування різних за ступенем стійкості проти фузаріозу колоса материнських та батьківських форм пшениці м'якої озимої відмічали всі типи домінування ознаки стійкості до збудника *Fusarium graminearum*.

На основі показника ступеня фенотипового домінування у 2021 р. встановлено, що прояв гетерозису мали гібридні комбінації: МПП Княжна / (Донской простор / Славна) ( $h_p = 2,4$ ), [(Mikon / ALMA) / Легенда Миронівська] / Подолянка ( $h_p = 1,3$ ), МПП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) ( $h_p = 2,1$ ), 2022 р. – реципрокна гібридна комбінація МПП Фортуна ↔ (Донской простор / Славна) мала високий рівень позитивного домінування ( $h_p = 1,3$ ; 1,6 відповідно). У 2023 р. гетерозис проявили такі гібридні комбінації: МПП Княжна / (MV 20-88 / Смуглянка) ( $h_p = 6,0$ ), (Донской простор / Славна) / МПП Княжна ( $h_p = 2,4$ ), [(Mikon / ALMA) / Легенда Миронівська] / Подолянка ( $h_p = 2,2$ ), МПП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) ( $h_p = 2,7$ ) та (Донской простор / Славна) / МПП Вишиванка ( $h_p = 1,6$ ). Сорт МПП Вишиванка є однаково ефективним, як в ролі материнської форми, так і запилювача, що у наступних поколіннях селекції забезпечить високостійкі біотиби.

**Список використаних джерел**

1. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal of Science*. 1965. Vol. 39, No. 3. P. 345–358.
2. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. V. 35. P. 303–321.
3. Ignjatov M., Milošević D., Tamindžić G., Ivanović Ž. Morphological and molecular characterization of *Fusarium graminearum* Schwabe as a causal agent of *Hyssopus officinalis* L. seed rot. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. 2021. No. 140. P. 21–27.
4. Krnjaja V., Stanković S., Obradović A. Contamination of durum wheat lines kernels with *Fusarium* species and deoxynivalenol. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. 2022. No. 143. P. 27–38.
5. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*. 2019. Vol. 3, Is. 3. P. 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
6. Бушулян М.А. Стійкість сортів озимої пшениці щодо збудників піренофорозу та фузаріозу колосу в Степу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія: Фітопатологія та ентомологія*. 2018. № 1–2. С. 11–15.
7. Горщар О., Педаш Т. Мікофлора насіння пшениці озимої як джерело інфекції корневих гнилей в умовах північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 8. С. 105–108.
8. Демидов О.А., Кириленко В.В., Гуменюк О.В. Методичні підходи за створення селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої стійкого до *Fusarium graminearum* Schwabe в умовах центрального Лісостепу України. Методичні рекомендації. Київ: Компринт, 2023. 40 с.
9. Джам М.А., Михайленко С.В. Видовий склад грибів роду *Fusarium* на пшениці озимій у зоні Правобережного Полісся України. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 131–139.
10. Жупина А., Базалій Г., Усик Л. Успадкування маси зерна колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 152–160. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.2>
11. Звягін А. Ф., Рябчун Н. І., Єльніков М. І. Адаптивний потенціал сортів озимої пшениці селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. *Селекція і насінництво*. 2008. № 95. С. 223–229.
12. Кириленко В. В., Демидов О. А., Гуменюк О. В., Дубовик Н. С., Близнюк Б. В., Лісова Г. М. Патент на корисну модель № 128676 Україна. Спосіб добору за комплексною стійкістю проти основних збудників хвороб пшениці м'якої озимої. МПК (2018.01), А01Н 1/00, А01Н 3/00, № а 2017 11026; заяв. 13.11.2017; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19.
13. Кирильчук А.М., Ковальчук С.О. Селекція на кількісні та якісні показники пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). Розширення генетичного різноманіття культурної пшениці. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 140–148. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234474>
14. Крючкова Л. О., Нежигай Л. М., Чеченева Т. М. Генетичні основи стійкості пшениці до грибних хвороб. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т. 42, № 3. С. 202–209.
15. Моцний І. І., Молодченкова О. О., Смертенко А. П. Створення інтрогресивних ліній пшениці м'якої озимої з ознаками стійкості до фітопатогенів. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2020. Т. 25, № 2 (47). С. 59–82.
16. Мурашко Л.А., Лось Р.М., Місюра І. І. Рівень інфікованості зерна пшениці озимої грибними патогенами. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції*. (м. Біла Церква, 4–5 березня 2021 р.). Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 237–239.

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

17. Муха Т.І., Мурашко Л.А. Стійкість сортозразків колекційного розсадника пшениці м'якої озимої проти фузаріозу колосу та групи хвороб. *Миронівський вісник*. 2019. Вип. 9. С. 53–58. <https://doi.org/10.31073/mvis201909-07>

18. Перепелиця Л. О., Пацюк М. К., Корево Н. І. Навчальна практика з фізіології рослин та генетики. Методичні вказівки до лабораторних. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. 36 с.

19. Трибель С. О., Гетьман М. В., Стригун О. О., Ковалишина Г. М., Андрющенко А. В. 2010. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб; за ред. С. О. Трибеля. К.: Колоб'іг, 392 с.

20. Чеченева Т.М., Нежигай Л.В., Кисельов Д.О., Крючкова Л.О. Поліморфізм сучасних українських сортів озимої м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) за маркерами генів стійкості до фузаріозу. *Біологічні системи*. 2011. Т. 3, вип. 1. С. 26–30.

21. Шелепов В. В., Дубовий В. І., Кириленко В. В. Створення стійких сортів озимої пшениці з використанням комплексних інфекційних фонів патогенів у ланках селекційного процесу. (Методичні рекомендації) / за ред. М. П. Лісового, В. В. Шелепова. К.: Колоб'іг. 2005. 189 с.

## References

1. Beil, G.M., & Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal of Science*, 39(3), 345–358.

2. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*, 35, 303–321.

3. Ignjatov, M., Milošević, D., Tamindžić, G., & Ivanović, Ž. (2021). Morphological and molecular characterization of *Fusarium graminearum* Schwabe as a causal agent of *Hyssopus officinalis* L. seed rot. *Matica Srpska Journal for Natural Sciences*, 140, 21–27.

4. Krnjaja, V., Stanković, S., Obradović, A., Nikolić, M., Savić, I., Mandić V., & Bijelić, Z. (2022). Contamination of durum wheat lines kernels with *Fusarium* species and deoxynivalenol. *Matica Srpska Journal for Natural Sciences*, 143, 27–38.

5. Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S.J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>

6. Bushulian, M.A. (2018). Stability of winter wheat varieties to pathogens on tan spot and *Fusarium* head blight in the Steppe of Ukraine. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 1–2, 11–15. [in Ukrainian].

7. Gorschar, O.A., & Pedash, T.M. (2015). Microflora of winter wheat seeds as a source of root rot infection in conditions of northern Steppe. *Bulletin Institute of Agriculture of Steppe Zone NAAS of Ukraine*, 8, 105–108. [in Ukrainian].

8. Demydov, O.A., Kyrylenko, V.V., Humeniuk, O.V., Murashko, L.A., Los, R.M., Suddenko, Yu.M., ... Dubovyk, N.S. (2023). Methodical approaches for creating breeding material of common winter wheat resistant to *Fusarium graminearum* Schwabe in the conditions of the central Forest-Steppe of Ukraine. Guidelines. Kyiv: Komprynt. [in Ukrainian].

9. Dzham, M., & Mykhailenko, S. (2021). Species composition of *Fusarium* spp. on winter wheat in the Right Bank Polissya of Ukraine. *Plant Protection and Quarantine*, 67, 131–139. [in Ukrainian].

10. Zhupina, A.Yu., Bazaliy, G.G., Usyk, L.O., Marchenko, T.Yu., Suchkova, V.M., Mishchenko, S.V., & Lavrinenko, Yu.O. (2022). Inheritance of ear grain mass by winter wheat hybrids of different ecological and genetic origin under irrigation conditions. *Agrarian Innovations*, 14, 152–160. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.2> [in Ukrainian].

11. Zviahin, A.F., Riabchun, N.I., & Yelnikov, M.I. (2008). Adaptive potential of winter wheat cultivars bred at the Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuriev. *Plant Breeding and Seed Production*, 95, 223–229. [in Ukrainian].

12. Kyrylenko, V.V., Demydov, O.A., Humeniuk, O.V., Dubovyk, N.S., Blyzniuk, B.V., & Lisova, H.M. Patent no. 128676 Ukraine, MPK (2018.01), A01H 1/00, A01H 3/00. Selection method for complex resistance

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В.

against the main pathogens of common winter wheat; Applicant and Patent Holder the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat NAAS; no. a20171102; stated 13.11.17; posted by 10.10.2018. [in Ukrainian].

13. Kirilchuk, A., & Kovalchuk S. (2021). Breeding for quantitative and qualitative indicators of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Expanding genetic diversity of cultivated wheats. *Agroecological Journal*, 2, 140–148. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234474> [in Ukrainian].

14. Kriuchkova L. O., Nezhyhai L. M., Chechenieva T. M. (2010). Genetic basis of resistance of wheat to fungal diseases. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*. 42 (3). 202–209. [in Ukrainian].

15. Motsnyi, I.I., Molodchenkova, O.O., Smertenko, A. P., Lytvynenko, M.A., Holub, Ye.A., & Mishchenko, L.T. (2020). Development of introgression lines of winter bread wheat with traits of resistance to phytopathogens. *Odesa National University Herald. Biology*, 25 (2), 59–82. [in Ukrainian].

16. Murashko, L.A., Los, R.M., Misiura, I.I., Humeniuk, O.V., & Kyrylenko, V.V. (2021, Mar. 4–5). The level of infection of winter wheat grain with fungal pathogens. In *Ahrarna osvita ta nauka: dosiahnennia i perspektyvy rozvytku. Materialy II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Agrarian Education and Science: Achievements and Development Prospects.

Proc. II Int. Applied Research Conf.]. (pp. 237–239). Bila Tserkva, Ukraine. [in Ukrainian].

17. Mukha, T.I., & Murashko, L.A. (2019). Resistance of variety samples from collection nursery of winter bread wheat against *Fusarium* head blight and group of diseases. *Myronivka Bulletin*, 9, 53–58. <https://doi.org/10.31073/mvis201909-07> [in Ukrainian].

18. Perepelytsia L. O., Patsiuk M. K., Korevo N. I. 2022. Initial practice in human physiology and genetics. Methodical instructions before laboratory tests. Zhytomyr: View of Zhdu im. I. Franka, 36. [in Ukrainian].

19. Trybel, S.O., Hetman, M.V., Stryhun, O.O., Kovalyshyna, H.M., & Andriushchenko, A.V. (Trybel, S.O. (Ed.)). (2010). Methodology of Assessing Wheat Varieties Resistance to Pests and Pathogens. Kyiv: Kolobih. [in Ukrainian].

20. Checheneva T.M., Nezhyhai L.V., Kyselov D.O., Kriuchkova L.O. (2011). Polymorphism of current Ukrainian varieties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) behind markers of genes for resistance to fusarium. *Biological systems*. 3 (1). 26–30. [in Ukrainian].

21. Shelepov V. V., Dubovyi V. I., Kyrylenko V. V. (2005). Creation of resistant varieties of winter wheat from the emergence of complex infectious backgrounds of pathogens in the breeding process. (Methodological recommendations) / ed. M. P. Lisovogo, V. V. Shelepova. K.: Kolobig. 189.

## INHERITANCE OF RESISTANCE AGAINST *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE IN F<sub>1</sub> OF *TRITICUM AESTIVUM* L.

L. A. Murashko, O. V. Humeniuk, V. V. Kyrylenko, Yu. M. Suddenko,  
T. I. Mukha, N. V. Novytska

**Abstract.** The paper presents the results of studying the inheritance of resistance against the pathogen *Fusarium graminearum* Schwabe in F<sub>1</sub> of common winter wheat based on the analysis of 22 hybrid combinations obtained when crossing five varieties of common winter wheat and five sources of resistance to this disease. When cross-breeding maternal and parental forms of common winter wheat with different degrees of resistance to *Fusarium* head blight, we noted all of the types of dominance of resistance to the pathogen. For the period 2021–2023, a high degree of dominance was established in 13.6% of hybrid combinations: MIP Vyshyvanka / (BILINMEVEN-49 / Natalka) (2.1 (heterosis), 1.2 (heterosis), 2.7 (heterosis), respectively), (Donskoy

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Судденко Ю. М., Муха Т. І., Новицька Н. В. *prostor / Slavna*) / *MIP Vyshyvanka* (0.9 (partial positive dominance), 2.1 (heterosis), 1.6 (heterosis), respectively), [(*Mikon / ALMA*) / *Lehenda Myronivska*] / *Podolianka* (1.3 (heterosis), 0.4 (intermediate inheritance) 2.2 (heterosis), respectively) when involving common winter wheat varieties *Podolianka* and *MIP Vyshyvanka* and donors of resistance against the *Fusarium* pathogen (*BILINMEVEN-49 / Nataalka*, (*Donskoy prostor / Slavna*), [(*Mikon / ALMA*) / *Lehenda Myronivska*]) in crossing. Taking into account the indices of overdominance (heterosis) over three years of the research, the variety *MIP Vyshyvanka* should be used both as a maternal form and as a pollinator, but the variety *Podolianka* as a pollinator.

For effective breeding work to create genotypes being resistant against *Fusarium graminearum* the most value was represented by hybrid combinations with overdominance (heterosis). The availability of breeding material and the infectious background of the pathogen make it possible to increase the efficiency of breeding process when creating resistant varieties of winter wheat.

**Key words:** common winter wheat, variety, hybrid, resistance, phenotypic dominance, *Fusarium graminearum* Schwabe

**How to Cite:** Murashko, L., Humeniuk, O., Kyrylenko, V., Suddenko, Y., Mukha, T., & Novytska, N. (2024). Inheritance of resistance against *Fusarium graminearum* schwabe in F1 of *Triticum aestivum* L.. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.005](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.005)

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ У СОРТІВ І СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ВЕСНЯНОЇ ВЕГЕТАЦІЇ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

А. Л. РИСІН, доктор філософії, <http://orcid.org/0000-0001-6356-4231>

*ТОВ «НВАК «Степова»*

О. А. ДЕМИДОВ, <http://orcid.org/0000-0002-5715-2908>

*Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН*

Г. Б. ВОЛОГДІНА, кандидатка сільськогосподарських наук,

<http://orcid.org/0000-0002-4643-1784>

E-mail: [galinavologdina27@gmail.com](mailto:galinavologdina27@gmail.com)

М. В. ФЕДОРЕНКО, кандидатка сільськогосподарських наук,

<http://orcid.org/0000-0002-3021-3643>

*Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН*

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.006](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.006)

**Анотація.** *Ріст, розвиток і формування врожайності пшениці м'якої озимої залежить від часу відновлення весняної вегетації (ЧВВВ). Це один із найбільш діючих на продукційний процес рослин природних факторів. Мета. Виявити особливості прояву біометричних показників у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на час відновлення весняної вегетації в умовах центрального Лісостепу України. Методи – польовий, лабораторний, статистичний. Результати. Установлено, що формування біоценозу пшениці м'якої озимої на момент відновлення весняної вегетації суттєво залежало від умов вирощування, строку сівби, генотипу та їх взаємодії. Домінуюча (25,2÷69,5 %) значущість за впливом належала погодним умовам. Визначено, що після відновлення весняної вегетації суттєво підвищувався вплив генотипу (його здатності до інтенсивного відростання та адекватної реакції до зміни умов середовища) та його взаємодії з умовами року на всі біометричні показники. Відзначено, що за сприятливого гідротермічного режиму рівень реалізації потенціалу рослин був максимальним, а в умовах ґрунтово-повітряної посухи – мінімальним, що необхідно враховувати в веденні селекційного процесу, вивченні вихідного матеріалу та доборі генотипів із заданими параметрами. Найвищу біомасу в середньому по досліді мала селекційна лінія ЛЮТ 55198, яка на моменти ЧВВВ формувала фітоценоз із кількістю стебел 2,60 шт. і листків 7,74 шт., висотою 16,51 см і масою рослини 0,80 г. Виявлено середній ( $C_v = 14,08\%$ ) рівень мінливості за висотою рослин, значний – за кількістю листків, кількістю стебел і масою рослини (відповідно  $C_v = 18,39\%$ ;  $C_v = 21,54\%$  і  $C_v = 29,89\%$ ).*

*Ключові слова:* пшениця м'яка озима, біометричні показники, мінливість, генотип, сорт, селекційна лінія, строк сівби, умови року

**Актуальність.** У задачі селекції входить підвищення продуктивності рослин на основі розширення генетичного різноманіття, врахування закономірностей спадкової мінливості при гібридизації, взаємодії генотипу та середовища, що має значний вплив на розвиток властивостей організмів, і застосування дієвих методів штучного добору з метою посилення та закріплення корисних ознак. Відомо, що надземна біомаса свідчить про здатність рослини пшениці м'якої озимої формувати вищу врожайність зерна. За правильного підбору батьківських компонентів для схрещування з урахуванням особливостей прояву їх біометричних показників у різні періоди вегетації можна створити новий вихідний матеріал з покращеним рівнем потенційної врожайності та компенсаторної здатності в мінливих умовах середовища, що є актуальним завданням для розуміння генетичних основ продуктивності та адаптації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Ріст, розвиток і формування врожайності пшениці м'якої озимої залежать від часу відновлення весняної вегетації (ЧВВВ). Це один із найбільш діючих на продукційний процес рослин

природних факторів. Його дію можливо порівняти лише із впливом строків сівби. Вплив екологічного фактору стартових умов відновлення вегетації навесні на рівень продуктивності рослин і якість зерна є передумовою високої врожайності (ранній ЧВВВ) або підвищеної якості (пізній ЧВВВ) (Мединець, 2006; 2014). Численними дослідженнями обґрунтовано, що чим раніше відбувається відновлення весняної вегетації рослин, тим більшою є врожайність посівів пшениці м'якої озимої (Мостіпан, 2019; Mostipan at all, 2019). За надто раннього або надто пізнього ЧВВВ спостерігається суттєве відхилення від оптимальних темпів росту та розвитку рослин пшениці м'якої озимої, інтенсивності фотосинтетичної діяльності й величини врожаю. У роки з пізньою весною рослини розвиваються за підвищеної (8–10 °C) температури повітря й більшого надходження сонячної енергії. При цьому температура повітря стрімко наростає, що, своєю чергою, погіршує регенераційні процеси, гальмує ріст, спричинює відмирання частини пагонів або цілих рослин. За ранньої весни вегетація пшениці м'якої озимої проходить за знижених (4–7 °C)

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

температур повітря, які наростають повільно. У комфортних умовах добре розвивається коренева система та вузол кущення. Це сприяє весняному відростанню рослин, регенерації пошкоджених органів, перебігу всіх ростових процесів (Корхова, 2020). У останні роки чітко спостерігається зміна клімату у вигляді потепління та нерівномірного перерозподілу опадів у період вегетації, що теж помітно впливає на умови переходу до зимового спокою, зимівлі, відновлення вегетації, росту й розвитку у весняний період (Базалій та ін., 2022).

**Мета досліджень** – виявити особливості прояву біометричних показників у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на час відновлення весняної вегетації в умовах центрального Лісостепу України.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводили в 2018–2021 рр. у лабораторії селекції озимої пшениці Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) у селекційній сівозміні. Сівбу здійснювали після попередника соя в два строки (І строк – 5 жовтня; II строк – 15 жовтня). Розміщення ділянок систематичне, повторність чотириразова, облікова площа – 10 м<sup>2</sup>. Норма сівби – 5 млн схожих насінин на 1 га. Агротехнічні заходи відповідали загальноприйнятим

рекомендаціям щодо вирощування пшениці м'якої озимої в зоні Лісостепу України. Сівбу здійснювали після попередника соя в два строки (I строк – 5 жовтня; II строк – 15 жовтня). Матеріалом для досліджень були сорти (сорт-стандарт Подолянка, МІП Ассоль, Грація миронівська (МИР), МІП Дніпрянка, МІП Лада, МІП Ювілейна) та селекційні лінії (ЕР 55023, ЛЮТ 55198, ЛЮТ 37519) пшениці м'якої озимої миронівської селекції. Методи досліджень – польовий, лабораторний, статистичний. Біометричний аналіз проводили за науковим виданням МІП (Колочій, 2007). Статистичні параметри обчислювали за методикою селекційного експерименту (в рослинництві) (Ермантраут та ін., 2014).

Найголовніший чинник для формування високого рівня врожайності пшениці м'якої озимої – стартове весняне зволоження ґрунту, що залежить від запасів продуктивної вологи в ньому наприкінці осені, кількості зимових опадів і глибини промерзання ґрунту взимку (Адаменко, 2019). Погодні умови 2018/19 р. відрізнялися недобором опадів як в осінній період, так і на момент ЧВВВ. Мінімальний сніговий покрив спостерігали 15 листопада, який зберігався фактично до початку вегетації. Максимальна висота

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

снігового покриву сягала позначки 30–32 см, а температура на глибині залягання вузла кущіння варіювала від  $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ЧВВВ відмітили 4 березня 2019 р., дефіцит вологи відносно норми становив 3,5 мм, а температурний режим був вищим за норму на  $2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Запаси вологи в ґрунті, які сформувалися наприкінці жовтня і в листопаді 2019 р., були одними з найменших за останнє десятиріччя, тому надзвичайно важливим було їх поповнення за рахунок зимових опадів. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кущіння становила  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Відсутність снігового покриву впродовж зимового періоду призвела до часткової загибелі рослин пшениці м'якої озимої. Незважаючи на тепло, як для зими, погоду, рівень температур повітря був нижчим від біологічного нуля озимих культур, тому відновлення ростових процесів практично не відбулося, крім найтепліших днів. Однак для розвитку рослин не вистачило ефективного тепла, продовжився лише їх лінійний приріст (Адаменко, 2020). На початок відновлення вегетації рослин (2 березня) вологи в ґрунті було значно менше, аніж за середнім багаторічним показником. Надалі ситуація погіршувалася, адже впродовж березня-квітня відмічали невеликі опади, однак щоразу їх було значно

менше від норми. Їх кумулятивна кількість не перевищувала 20–40 % від норми. Погодні умови зумовлювали інтенсивну витрату вологи з верхніх шарів ґрунту. У березні-квітні спостерігали дуже посушливі (ГТК = 0,21) умови весняної вегетації, що спричинило затримку нормального росту та розвитку рослин.

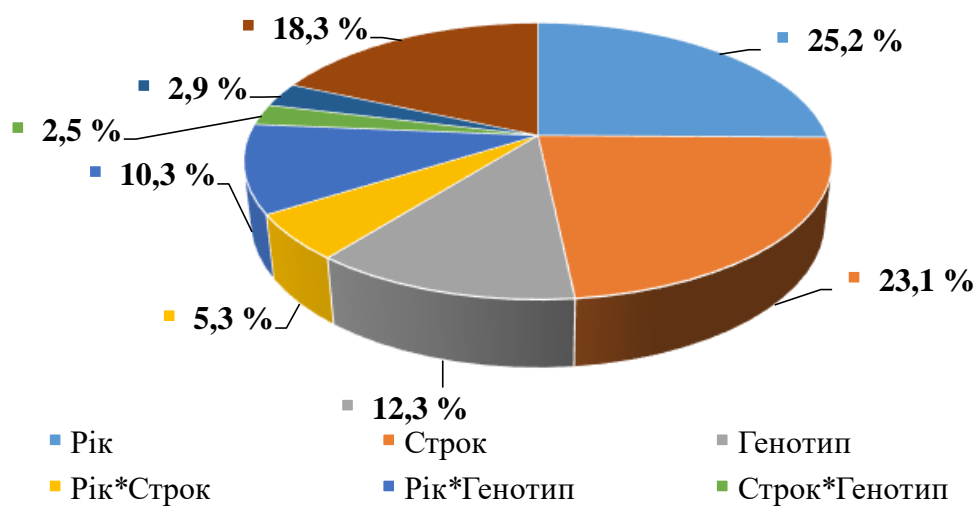
Погодні умови осіннього періоду 2020 р. були сприятливими для розвитку пшениці м'якої озимої: високий температурний режим жовтня в поєднанні з помірною кількістю вологи сприяли швидкому росту та розвитку рослин пшениці м'якої озимої. Зимовий період характеризувався перепадами температур, відзначили кілька періодів дуже холодної погоди. Так, у січні відмічали значне варіювання середніх добових температур повітря – від  $+7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-17,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , але за снігового покриву вимерзання рослин не спостерігали. Малосприятливим чинником для озимих культур були високі температури повітря під час відлиг – до  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що зумовлювало пробудження та певне виснаження рослин, зменшувалася морозостійкість культури, але не критично – значною мірою завдяки доброму стану посівів з осені (Адаменко, 2021). Відновлення весняної вегетації відмітили 26 березня 2021 р. за оптимального та достатнього вологозабезпечення ґрунту за

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

температури повітря, близької до оптимуму, що забезпечило повноцінне відростання рослин та добре укорінення. Для березня і квітня характерним було чергування теплих, з відлигою та дощами днів і холодних, морозних ночей. Отже, метеорологічні умови на момент ЧВВВ виявились контрастними, що значно вплинуло на ріст і розвиток рослин.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Відомо, що важливим

фактором формування високої врожайності зерна є збільшення продуктивності фотосинтезу. Основними органами асимілюючої системи рослини є стебла та листки. За результатами досліджень на кількість стебел найбільш суттєво впливали чинники: рік – 25,2 %, строк сівби – 23,1 %, генотип – 12,3 % і взаємодія рік × генотип – 10,3 % (рис. 1).



**Рисунок 1 – Вплив факторів на формування кількості стебел сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на час відновлення весняної вегетації, 2019–2021 рр.**

У середньому для обох строків сівби рівень показника в умовах 2019 р. і 2021 р. був практично однаковим – 2,58 шт. і 2,59 шт. відповідно, а в посушливому 2020 р. – мінімальним (1,99 шт.). У 2019 р. до кінця березня рослини сформували максимальну (2,31 шт.) середню кількість стебел за сівби 15 жовтня. У

посушливих умовах 2020 р. значення показника було мінімальним за обох строків сівби відповідно – 2,12 і 1,87 шт..

У 2021 р. спостерігали тенденцію до швидкого відростання та відновлення весняного кущіння, з максимальною (3,00 шт.) кількістю стебел за сівби 5 жовтня (табл. 1).

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

### 1. Параметри варіювання біометричних показників у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на час відновлення весняної вегетації, 2019–2021 рр.

Показник	Рік	Строк	$\bar{x} \pm s_x^1$	Lim min–max <sup>2</sup>	R <sup>3</sup>	Cv <sup>4</sup> , %
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
Кількість стебел шт.	2019	I	2,86±0,02	2,52–3,18	0,66	10,47
		II	2,31±0,02	2,00–2,70	0,70	13,20
	2020	I	2,12±0,03	1,73–2,80	1,07	20,59
		II	1,87±0,03	1,40–2,40	1,00	20,57
	2021	I	3,00±0,03	2,67–3,40	0,73	15,30
		II	2,18±0,02	1,68–3,40	1,72	16,86
	$\bar{X}$		<b>2,39</b>	<b>1,40–3,40</b>	<b>2,00</b>	<b>21,54</b>
Кількість листків, шт.	2019	I	10,46±0,07	8,24–11,55	3,31	10,65
		II	7,71±0,07	5,80–8,90	3,10	14,02
	2020	I	6,66±0,07	6,00–8,12	2,12	16,73
		II	5,77±0,04	5,15–6,88	1,73	11,22
	2021	I	8,39±0,09	7,16–10,90	3,74	16,00
		II	5,82±0,05	5,00–10,90	5,90	12,16
	$\bar{X}$		<b>7,47</b>	<b>5,00–11,55</b>	<b>6,55</b>	<b>24,92</b>
Висота рослини, см	2019	I	19,62±0,08	18,63–21,28	2,65	5,99
		II	18,34±0,10	17,21–20,58	3,37	8,17
	2020	I	14,01±0,08	13,22–15,35	2,13	8,76
		II	10,87±0,09	9,26–12,51	3,25	11,75
	2021	I	16,93±0,12	14,84–18,66	3,82	10,88
		II	15,97±0,11	14,55–18,66	4,11	10,45
	$\bar{X}$		<b>15,96</b>	<b>9,26–21,28</b>	<b>12,02</b>	<b>19,78</b>
Маса однієї рослини, г	2019	I	1,00±0,01	0,64–1,28	0,64	21,43
		II	0,71±0,01	0,56–0,89	0,33	19,23
	2020	I	0,56±0,01	0,37–0,76	0,39	26,13
		II	0,44±0,01	0,36–0,55	0,19	18,20
	2021	I	0,82±0,01	0,62–1,06	0,44	18,69
		II	0,63±0,01	0,51–1,06	0,55	18,02
	$\bar{X}$		<b>0,69</b>	<b>0,36–1,28</b>	<b>0,92</b>	<b>29,89</b>
Маса 25 рослин, г	2019	I	24,77	16,09–32,17	16,08	–
		II	17,54	13,90–22,30	8,40	
	2020	I	14,00	9,28–19,09	9,81	
		II	10,88	9,09–13,75	4,66	
	2021	I	20,48	15,43–26,17	10,74	
		II	15,72	12,68–19,27	6,59	
	$\bar{X}$		<b>17,23</b>	<b>9,09–32,17</b>	<b>23,08</b>	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
Маса абсолютно сухих 25 рослин, г	2019	I	7,08	4,76–9,19	4,43	–
		II	5,30	4,12–6,80	2,68	
	2020	I	3,77	2,54–5,09	2,55	
		II	2,98	2,63–3,71	1,08	
	2021	I	5,56	4,16–7,08	2,92	
		II	4,37	3,52–5,40	1,88	
$\bar{X}$			<b>4,84</b>	<b>2,54–9,19</b>	<b>6,65</b>	

Примітка: 1.  $\bar{x} \pm s_x$  – середнє значення; 2. min, max – мінімальне і максимальне значення; 3. R – розмах варіювання; 4.  $C_v$  – коефіцієнт варіації.

Рівень ознаки варіював від 2,34 шт. у селекційної лінії EP 55023 до 2,98 шт. і 2,97 шт. у сортів МП Дніпрянка і МП Ассоль (строк сівби 5 жовтня) та відповідно від 1,80 шт. до 3,15 шт. у селекційних ліній EP 55023, ЛЮТ 55198 (строк сівби 15 жовтня). Кількість стебел у всіх сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої за рахунок весняного кушіння збільшилась і становила в середньому по досліді 2,39 шт./рослину (восени – 1,44), що свідчить про підвищений температурний режим взимку. Як наслідок, життєві процеси рослин пшениці м'якої озимої відновлювались, продовжувався приріст вегетативної маси.

Сорт МП Ассоль мав біологічну здатність до інтенсивного весняного кушіння: максимальний (2,65 шт.) рівень за три роки в середньому, друге місце за строками сівби – 2,97 шт. (5 жовтня) і 2,32 шт. (15 жовтня), а також належав до найбільш посухостійких генотипів – сформував

найвищу кількість стебел за обох строків сівби в 2020 р. (табл. 2). Селекційна лінія EP 55023 на початку відновлення весняної вегетації виявила низьку здатність до утворення нових пагонів і сформувала мінімальну їх кількість як в середньому за три роки (2,07 шт.), так і за строками сівби (відповідно 2,34 шт. і 1,80 шт.).

У сприятливих умовах селекційна лінія ЛЮТ 55198 мала високу кількість стебел за сівби 5 жовтня – 3,05 шт. (2019 р.) і 3,4 шт. (2021 р.) і максимальну – за другого строку (2,7 шт. і 2,64 шт. відповідно). Сорти МП Дніпрянка та МП Ассоль перевищили стандарт у середньому по досліді, сформували максимальні показники за сівби 5 жовтня – 2,98 шт. і 2,97 шт. відповідно, а за сівби 15 жовтня сорт МП Ассоль зайняв другу позицію – 2,32 шт. За винятком стандарту ( $C_v = 12,18\%$ ) мінливість кількості стебел була значною у всіх генотипів: рівень середнього за три роки досліджень коефіцієнта варіації змінювався від 19,77% (сорт

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

Грація МИР) до 25,84 % (селекційна лінія ЛЮТ 37519).

## 2. Біометричні показники сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на час відновлення весняної вегетації, 2019–2021 рр.

Сорт, селекційна лінія	Рік	Кількість стебел, шт.	Кількість листків, шт.	Висота рослини, см	Маса рослин, г		
					однієї		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Подольянка стандарт	2019	2,36±0,03	8,28±0,23	18,18±0,18	0,74±0,02	18,26	5,34
	2020	2,37±0,04	6,63±0,16	12,41±0,17	0,56±0,01	13,66	3,64
	2021	2,42±0,05	6,77±0,12	15,79±0,17	0,65±0,01	16,36	4,50
	$\bar{x}$	2,38±0,02	7,23±0,12	15,46±0,21	0,65±0,01	16,09	4,49
МП Ассоль	2019	2,54±0,06	9,23±0,17*	18,69±0,11*	0,77±0,01*	19,11	5,65
	2020	2,60±0,05*	7,50±0,14*	13,86±0,22*	0,65±0,02*	16,20	4,36
	2021	2,80±0,10*	8,60±0,33*	17,30±0,26*	0,81±0,02*	20,22	5,52
	$\bar{x}$	2,65±0,04*	8,44±0,14*	16,61±0,21*	0,74±0,01*	18,51	5,18
Грація МИР	2019	2,63±0,04*	9,78±0,16*	19,95±0,12*	1,01±0,02*	25,12	7,39
	2020	1,81±0,03*	5,81±0,11*	11,93±0,24	0,45±0,01*	11,34	3,05
	2021	2,47±0,04	6,62±0,09	15,79±0,24	0,65±0,01	16,26	4,44
	$\bar{x}$	2,30±0,04	7,40±0,16	15,89±0,29	0,70±0,02*	17,57	4,96
МП Дніпрянка	2019	2,87±0,07*	10,0±0,24*	20,93±0,13*	1,01±0,03*	25,10	7,31
	2020	2,20±0,06	6,86±0,16	13,65±0,29*	0,60±0,03*	14,87	3,95
	2021	2,66±0,07*	6,81±0,20	16,37±0,23*	0,70±0,02	17,43	4,79
	$\bar{x}$	2,58±0,04*	7,90±0,18*	16,98±0,28*	0,77±0,02*	19,13	5,35
МП Лада	2019	2,58±0,07*	9,33±0,27*	17,93±0,16	0,87±0,03*	21,59	6,33
	2020	1,84±0,03*	5,93±0,08*	12,01±0,23*	0,44±0,01*	10,98	2,96
	2021	2,83±0,07*	7,64±0,22*	17,28±0,22*	0,85±0,02*	21,25	5,84
	$\bar{x}$	2,42±0,05	7,63±0,16	15,74±0,25	0,72±0,02*	17,94	5,04
EP 55023	2019	2,27±0,05*	7,02±0,18*	18,18±0,16	0,60±0,01*	15,00	4,44
	2020	1,60±0,04*	5,80±0,12*	11,26±0,30*	0,41±0,01*	10,13	2,95
	2021	2,34±0,06	6,46±0,21	15,31±0,20	0,62±0,02	15,45	4,28
	$\bar{x}$	2,07±0,04*	6,43±0,11*	14,91±0,27	0,54±0,01*	13,52	3,89
МП Ювілейна	2019	2,56±0,04*	9,13±0,21*	18,82±0,23	0,74±0,02	18,18	5,32
	2020	1,88±0,03*	5,90±0,06*	13,12±0,22*	0,52±0,02	12,97	3,50
	2021	2,52±0,10	6,56±0,21	15,99±0,14	0,66±0,02	16,31	4,46
	$\bar{x}$	2,32±0,04	7,20±0,15	15,98±0,21	0,64±0,01	15,82	4,43

1	2	3	4	5	6	7	8
ЛЮТ 55198	2019	2,88±0,03*	9,75±0,18*	19,04±0,13*	1,01±0,03*	23,98	6,93
	2020	1,90±0,04*	5,80±0,14*	12,42±0,32	0,49±0,01*	12,35	3,34
	2021	3,02±0,07*	7,68±0,22*	18,09±0,23*	0,92±0,02*	22,72	6,24
	$\bar{x}$	2,60±0,05*	7,74±0,17*	16,51±0,28*	0,80±0,02*	19,68	5,50
ЛЮТ 37519	2019	2,58±0,06*	9,24±0,28*	19,12±0,27*	0,96±0,05*	24,09	6,98
	2020	1,73±0,03*	5,72±0,07*	11,34±0,29*	0,38±0,01*	9,48	2,64
	2021	2,24±0,09	6,83±0,29	16,17±0,29	0,68±0,03	16,94	4,61
	$\bar{x}$	2,18±0,05*	7,26±0,18	15,54±0,31	0,67±0,03	16,83	4,74
<b>НІР<sub>05</sub></b>		<b>0,14</b>	<b>0,36</b>	<b>0,59</b>	<b>0,04</b>	-	

Примітки: ЕР – еритроспермум; ЛЮТ – лютесценс;  $\bar{x}$  – середнє значення; \* – різниця порівняно із стандартом Подолянка достовірна.

Відомо, що листки роблять значний внесок у загальну фотосинтетичну діяльність посівів пшениці м'якої озимої та є основним фотосинтезуючим апаратом рослин, де створюються асиміляти, що забезпечують ріст і розвиток рослин та формування врожайності зерна. За результатами досліджень на кількість листків суттєво впливали чинники: рік – 38,7 %, строк сівби – 29,0 %, генотип – 6,8 % і взаємодія рік × генотип – 6,9 %. Максимальна кількість листків була в умовах відновлення весняної вегетації 2019 р. і за сівби 5 жовтня – 9,08 і 10,46 шт./рослину відповідно. Стандарт сформував середню кількість листків за обох строків сівби – 7,22 шт. У 2019 р. за обох строків сівби рослини пшениці м'якої озимої сформували значно більшу (7,02÷10,03 шт.) кількість листків порівняно з 2020 р.

(5,72÷7,50 шт.) і 2021 р. (6,46÷8,50 шт.). Рівень ознаки змінювався за сівби 5 жовтня від 6,00 шт. у сорту МП Ювілейна (2020 р.) до 11,55 шт. у сорту МП Дніпрянка (2019 р.), 15 жовтня – від 5,00 шт. у селекційної лінії ЛЮТ 37519 (2021 р.) до 8,9 шт. у ЛЮТ 55198 (2019 р.). Найбільшу облистяність мав сорт МП Ассоль, який мав максимальну середню кількість листків по досліді (8,44 шт.) і за обох строків сівби (9,77 шт. і 7,11 шт. відповідно) і мінімальну (18,74 %) мінливість показника за три роки. Незалежно від строків сівби в умовах 2020 і 2021 рр. сорт МП Ассоль сформував найвищу (7,50 шт. і 8,50 шт.) по досліді кількість листків на одну рослину. Коефіцієнт варіації показника в генотипів пшениці м'якої озимої знаходився на рівні 18,74÷46,68 %, що

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

характеризує дану ознаку як високомінливу.

У середньому висота рослин сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на момент ЧВВВ становила за обох строків сівби 15,96 см, проте прояв цієї ознаки значно змінювався залежно від строків сівби та умов року вирощування (табл. 2). За результатами дисперсійного аналізу найбільший вплив на рівень ознаки мали рік (69,5 %), строк сівби (7,6 %), генотип (4,0 %) і взаємодія рік × генотип (3,8 %). Розмах мінливості був від  $9,26 \pm 0,06$  см у селекційної лінії ЕР 55023 (2020 р.; за сівби 15 жовтня) до  $21,28 \pm 0,20$  см у сорту МП Дніпрянка (2021 р.; за сівби 5 жовтня). На момент ЧВВВ динаміка висоти зазнала певних змін – вищими були рослини сортів МП Дніпрянка (16,98 см), МП Ассоль (16,61 см) і селекційної лінії ЛЮТ 55198 (16,51 см), що вказує на їх біологічну здатність інтенсивного весняного відростання, тобто швидко реагувати на покращення умов вирощування. Сорт МП Дніпрянка на момент ЧПОВ займав четверту позицію по досліді за висотою рослин, а два інших генотипи мали здатність до інтенсивного росту восени. Мінімальний рівень ознаки відмічали в короткостебловій селекційної лінії ЕР 55023, як у середньому по досліді (14,64 см), так і

за першого строку сівби (15,95 см), а також у середньому за 2020 р. і 2021 р. – 11,26 см і 15,31 см відповідно. В умовах 2019 р. разом із стандартом займала сьому позицію (18,18 см). Середній ( $C_v = 19,78$  %) ступінь варіювання ознаки дає змогу найбільш ефективно оцінити генотипи за фенотиповим її проявом.

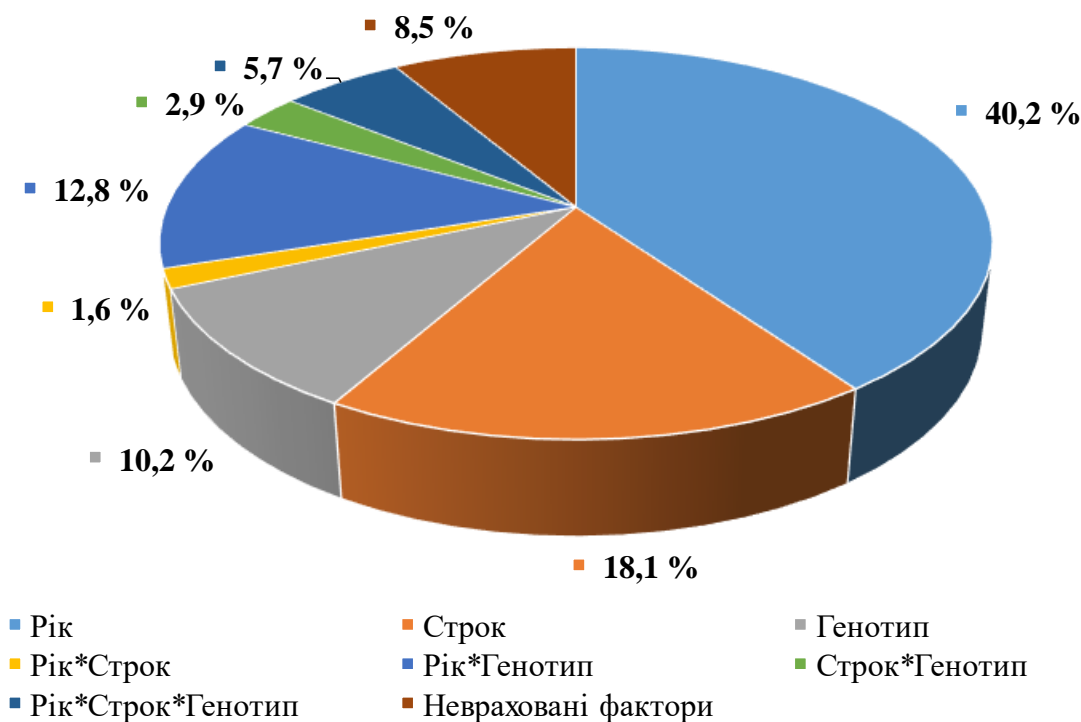
Виявлено, що в середньому за роки досліджень маса однієї рослини у превалюючої більшості досліджуваних сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на момент ЧВВВ переважала сорт-стандарт ( $0,65 \pm 0,01$  г) за рахунок формування підвищеної кількості пагонів і листків, здатності до інтенсивного росту та розвитку (див. табл. 3.3). Виняток становили селекційна лінія ЕР 55023 і сорт МП Ювілейна – 0,54 г і 0,64 г відповідно. За результатами досліджень максимальний вплив на формування показника мали чинники: рік (40,2 %), строк сівби (18,1 %), генотип (10,2 %), взаємодія рік × генотип (12,8 %) (рис. 2).

Найбільший рівень ознаки відмічали в селекційної лінії ЛЮТ 55198 в середньому по досліді (0,80 г) і за обома строками сівби (0,93 г і 0,68 г відповідно), а також у сприятливих умовах 2019 р. і 2021 р. – 1,01 г і 0,92 г відповідно. У посушливих умовах 2020 р. за сівби 15 жовтня максимальний показник

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

сформував сорт МПП Ассоль – 0,55 г, що несуттєво перевищило стандарт

(0,51 г) і підтвердило високий рівень їх посухостійкості.



**Рисунок 2. Вплив факторів на формування маси однієї рослини сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої на час відновлення весняної вегетації, 2019–2021 рр.**

Значення ознаки варіювало від 0,36 г у селекційної лінії ЕР 55023 (2020 р.; строк сівби – 15 жовтня) до 1,28 г у селекційної лінії ЛЮТ 37519 (2019 р.; 5 жовтня). Коефіцієнт варіації (29,89 %) підтвердив високий рівень мінливості.

Динаміка накопичення сухої речовини пов'язана із забезпеченням рослин вологою, елементами живлення та дотриманням агротехнічних заходів, при цьому за однакових умов вирощування вона залежить від індивідуальних особливостей кожного

генотипу. За роки досліджень встановлено ті ж самі особливості формування рівня маси 25 живих і абсолютно сухих рослин, що й однієї рослини: мінімальні показники відмічали в умовах 2020 р. за другого строку сівби. У селекційної лінії ЕР 55023 і сорту МПП Ювілейна рівень ознаки був найменшим – відповідно 13,52 г; 3,89 г і 15,82 г; 4,43 г, а максимальний – у селекційної лінії ЛЮТ 55198 – 19,68 г; 5,50 г. За дуже посушливих умов осені 2019 р. в середньому за обох строків сівби

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

найбільшу біомасу сформував сорт МПП Ассоль – 16,20 г і 4,36 г відповідно (див. табл. 2).

**Висновки та перспективи.** За результатами досліджень величина біометричних показників рослин пшениці м'якої озимої на момент часу відновлення весняної вегетації найбільш суттєво залежала від умов року та строку сівби – відповідно 25,2÷69,5 % і 7,6÷29,0 %.

Визначено, що на момент ЧВВВ суттєво підвищувався вплив генотипу (здатності до інтенсивного відростання та адекватної реакції до зміни умов середовища) та його взаємодії з умовами року. На кількість стебел істотно більше впливав чинник генотипу навесні, ніж восени: відповідно 12,3 % і 1,9 %.

Доведено, що стримуючим фактором для відновлення ростових процесів і ефективного розвитку рослин пшениці м'якої озимої була посушлива погода, дефіцит вологи в ґрунті. В умовах 2019 р. проявилась значна перевага генотипів за середніми показниками висоти (17,21–21,28 см), кількості стебел (2,00–3,18 шт.), кількості листків (5,80–11,55 шт.), маси однієї рослини (0,56–1,28 г).

Установлено, що формування біометричних показників після відновлення активної весняної

### Список використаних джерел

1. Мединець В. Д. Погляд на витривалість озимих культур та їх сортів до

вегетації інтенсивніше проходило в посівах пшениці м'якої озимої за сівби 5 жовтня, що сприяло формуванню біомаси з масою однієї рослини в середньому 0,79 г (за сівби 15 жовтня – 0,58 г).

Визначено, що сорт МПП Ассоль мав біологічну здатність до інтенсивного весняного кушіння, що дозволило сформувати рослини з найвищими середніми показниками кількості стебел і листків – 2,65 шт. 8,44 шт. відповідно, а також відносився до найбільш посухостійких генотипів. Максимальну середню масу 25 рослин відмічали в селекційній лінії ЛЮТ 55198 (19,68 г; 5,50 г). Установлено середній ( $C_v = 19,78\%$ ) рівень мінливості за три роки за висотою рослин, значний – за кількістю стебел і листків, масою однієї рослини (відповідно  $C_v = 21,54\%$ ;  $24,92\%$ ;  $29,89\%$ ).

Отже, на основі встановлених особливостей удосконалено підходи до підбору батьківських компонентів, що дозволяє зменшити кількість схрещувань, створено новий вихідний матеріал з високим потенціалом продуктивності та якості зерна для залучення в селекційні програми лабораторії селекції озимої пшениці імені В. М. Ремесла НААН України.

зимових стресорів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2006. № 1. С 5–10.

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

2. Мединець В. Д. Роль часу відновлення весняної вегетації в онтогенезі, філогенезі та селекції зимуючих рослин. *Роль часу відновлення весняної вегетації в житті зимуючих рослин*: тези міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річному ювілею доктора сільськогосподарських наук Мединця Василя Дмитровича (14 січня 2014 р.). Полтавська державна аграрна академія. Полтава: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. С. 4–6.

3. Мостіпан М. І. Реакція пшениці озимої на час припинення осінньої вегетації в північному Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 116–126. doi: 10.31210/visnyk2019.01.13

4. Mostipan M., Umrychin N., Mytsenko V. The interrelation between the productivity of winter wheat and weather conditions in autumn and early spring periods in the Northern Steppe of Ukraine. *Stiinta Agricola*. 2019. № 1. P. 10–16.

5. Корхова М. М. Строки сівби пшениці. *Агрономія сьогодні*. 2020. № 3 (18). С. 13–17.

6. Базалій В. В., Бойчук І. В., Козлова О. П., Ларченко О. В., Базалій Г. Г. Вплив часу відновлення весняної вегетації і строків сівби на врожайність сортів пшениці озимої різного типу розвитку. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 68–73. doi: 10.32848/agrar.innov.2022.11.9

7. Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України / За ред. В. Т. Колючого, В. А. Власенка, Г. Ю. Борсука. Київ: Аграрна наука, 2007. 800 с.

8. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. *Методика селекційного експерименту (у рослинництві)*. Харків, 2014. 229 с.

9. Адаменко Т. Особливості клімату у 2018 році. Погодні умови холодного періоду 2018–2019 рр. та їх вплив на посіви озимих культур. *Агроном*. 2019. № 1 (63). С. 16–19.

10. Адаменко Т. Особливості погодних умов зимового періоду 2019–2020 рр. в Україні. *Агроном*. 2020. № 1. С. 16–19.

11. Адаменко Т. Погодні умови зимового періоду та їх вплив на посіви озимих культур. *Агроном*. 2021. № 1. С. 13.

## References

1. Medynets, V.D. (2006). View on hardiness of winter crops and some varieties according to winter stressors. *News of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 5-10.

2. Medynets, V.D. (2014). The role of time renewal of spring vegetation in ontogenesis, phylogenesis and selection of overwintering plants. In *Significance of spring vegetation renewal moment for overwintering plant: Abstracts of international scientific conference dedicated to the 90 anniversary of Doctor of agricultural sciences V. Medinets* (pp. 4-6). Poltava: Poltava State Agrarian Academy.

3. Mostipan, M.I. (2019). The response of winter wheat on the time of stunting autumn vegetation in the Northern Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 116-126. doi: 10.31210/visnyk2019.01.13

4. Mostipan M., Umrychin, N., & Mytsenko, V. (2019). The interrelation between the productivity of winter wheat and weather conditions in autumn and early spring periods in the Northern Steppe of Ukraine. *Stiinta Agricola*, 1, 10-16.

5. Korkhova, M.M. (2020). Wheat sowing dates. *Agronomy Today*, 3, 13-17.

6. Bazaliy, V.V., Boychuk, I.V., Kozlova, O.P., Larchenko, O.V., Bazaliy, G.G. (2022). Influence of spring vegetation recovery time and sowing dates on yield of winter wheat varieties of different types of development. *Agrarian Innovations*, 11, 68-73. doi: 10.32848/agrar.innov.2022.11.9

7. Koliuchy, V.T., Vlasenko, V.A., & Borsuk, G.Yu. (Eds.). (2007). *Breeding, seed production and growing technologies of spiked cereals in the Forest Steppe of Ukraine*. Kyiv: Ahrarna Nauka.

8. Ermantraut, E.R., Hoptsii, T.I., Kalenska, S.M., Kryvoruchenko, R.V., Turchynova, N.P., & Prysiazhniuk, O.I. (2014). *Methods of breeding experiment (in plant science)*. Kharkiv: N.p.

9. Adamenko, T. (2019). Features of the climate in 2018. Weather conditions of the cold

Рисін А. Л., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Федоренко М. В.

period of 2018–2019 and their impact on winter crops. *Agronomist*, 1, 16-19.

10. Adamenko, T. (2020). Peculiarities of weather conditions of the winter period of 2019–2020 in Ukraine. *Agronomist*, 1, 16-19.

11. Adamenko, T. (2021). Weather conditions of the winter period and their influence on winter crops. *Agronomist*, 1, 13.

## FEATURES OF THE MANIFESTATION OF BIOMETRIC INDICATORS IN VARIETIES AND BREEDING LINES OF WINTER BREAD WHEAT AT SPRING RENEWAL OF VEGETATION DATE IN THE FOREST STEPPE OF UKRAINE

A. L. Rysin, O. A. Demydov, H. B. Volohdina. M. V. Fedorenko

**Abstract.** *The growth, development, and yield formation of winter bread wheat depends on renewal of vegetation date (RVD). This is one of the environmental factors most affecting the production process of plants. Purpose.* To identify the peculiarities of the manifestation of biometric indicators in the genotypes of winter bread wheat at renewal of spring vegetation date in the conditions of the central Forest-Steppe of Ukraine. **Methods:** field, laboratory, statistical. **Results.** It was established that biocenosis formation of winter wheat at renewal of spring vegetation date significantly depended on growing conditions, sowing date, genotype and their interaction. Weather conditions were the dominant (25.2÷69.5%) significant for the influence. It was determined that after renewal of spring vegetation the influence of genotype (its ability to intensive growth and adequate response to changes in environmental conditions) and its interaction with the growing season conditions on all biometric indicators significantly increased. It was noted that under favorable hydrothermal regime, the level of realization of plant potential was maximum, while under conditions of soil and air drought it was minimum. This must be taken into account in breeding process, study of the source material, and selection of genotypes with specified parameters. The breeding line LUT 55198 had the highest biomass on average according to the experiment, which at the RVD formed phytocenosis with stem number per plant 2.60 pcs, leaf number per plant 7.74 pcs, plant height 16.51 cm, and plant weight 0.80 g. The level of variability in plant height was moderate ( $C_v = 14.08\%$ ) and for leave number, stem number, and plant weight it was significant ( $C_v = 18.39\%$ ;  $C_v = 21.54\%$  and  $C_v = 29.89\%$ , respectively).

**Key words:** winter bread wheat, biometric indicators, renewal of vegetation date, variability, variety, breeding line, sowing date, year conditions

**How to Cite:** Rysin, A., Demydov, O., Volohdina, H., & Fedorenko, M. (2024). Features of the manifestation of biometric indicators in varieties and breeding lines of winter bread wheat at spring renewal of vegetation date in the Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovid.3\(109\).2024.006](http://dx.doi.org/10.31548/dopovid.3(109).2024.006)

Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.

УДК 631.432.2:631.582:633.11"324"

## ЗМІНА ЗАПАСІВ ДОСТУПНОЇ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ В АГРОЦЕНОЗАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

**О. Б. ПАНЧЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0009-0008-5087-5311>

*Білоцерківський національний аграрний університет*

**В. І. МЕЛЬНИК**, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0002-8782-1236>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**М. В. ЖОВТУН**, кандидат сільськогосподарських наук, директор

<https://orcid.org/0009-0001-8664-3263>

**ТОВ «Марківка Агро-ВТ»**

E-mail: 211989@i.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.023](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.023)

**Анотація.** У статті наведено результати змін доступної ґрунтової вологи в посівах пшениці озимої в чотирьох короткоротаційних сівозмінах. Дослідження проведено упродовж 2012–2021 рр. на дослідному полі Білоцерківського національного аграрного університету Київської області. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний середньо суглинковий вміст гумусу в шарі ґрунту 0–30 см 3,7–3,9 %. Досліджували чотири короткоротаційні сівозміни плодозмінна (насичення соняшником 10 %); зернопросапна (насичення соняшником 20 %); зернопросапна спеціалізована (насичення соняшником 30 %); просапна (насичення соняшником 40 %).

Встановлено, що запаси доступної вологи на період сівби пшениці озимої найвищими спостерігалися в зернопросапній спеціалізованій сівозміні, де пшеницю висівали після гречки з у шарі 0–150 см становили – 257,2 мм, у шарі 0–50 см – 78,5 мм. У плодозмінній сівозміні у шарі 0–150 см вони становили – 204,3 мм, у шарі 0–50 см і 50–100 см 59,4 та 52,4 мм, що менше від зернопросапної сівозміни на 19,1 і 15,0 мм.

За плодозмінної сівозміни запаси доступної вологи на період збирання становили 1372 м<sup>3</sup>/га, зернопросапної – 1154 м<sup>3</sup>/га, зернопросапної спеціалізованої і просапної – 1327 і 928 м<sup>3</sup>/га, що і вплинуло на загальні витрати вологи. Найбільші витрати доступної вологи спостерігалися за просапної сівозміни – 4029 м<sup>3</sup>/га, тоді як за плодозмінної запаси доступної вологи становили 4032 м<sup>3</sup>/га. Коефіцієнт водоспоживання вологи найбільшим виявився у зернопросапній спеціалізованій і просапній – 97,8 і 90,7 м<sup>3</sup>/т відповідно, тоді як за плодозмінної – 70,7, зернопросапної – 85,2 м<sup>3</sup>, що було менше від просапної на 5,5 і 20 м<sup>3</sup>/т.

**Ключові слова:** сівозміна, пшениця озима, вміст доступної вологи, динаміка, витрати вологи

Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.

**Актуальність.** За нестійкого і недостатнього зволоження волога є одним із вирішальних факторів, що визначають рівень урожайності сільськогосподарських культур та її стабільність. Для спрямованого регулювання водного режиму в системі «грунт – рослина» необхідне чергування культур в сівозмінах, за якого раціональне використання рослинами ґрунтової вологи поєднується з подальшим відновленням її запасів у відповідних шарах ґрунту. Це особливо актуально в умовах нестійкого зволоження центрального Лісостепу (Камінський В. Ф., Гангур В. В., 2018). Формуються сприятливі умови для життя рослин за умов достатньої кількості продуктивної вологи. Волога визначає біогенність ґрунту, накопичення у ґрунті рухомих поживних речовин, інтенсивність розкладання органічних сполук. Вона є обмежувальним чинником у визначенні рівня врожаю польових культур. Одним із найважливіших завдань землеробства є регулювання водного режиму (Єрмолаєв М. М. та ін., 2008; Літвінов Д. В., 2015).

Для спрямованого регулювання водного режиму в системі «грунт – рослина» необхідне чергування культур в сівозмінах, за якого раціональне використання рослинами ґрунтової вологи поєднується з подальшим відновленням її запасів у відповідних шарах ґрунту. Це особливо актуально у підзоні

недостатнього зволоження Лісостепу (Барштейн Л. А. та ін., 1985).

Важливим і актуальним питанням розвитку сучасного сільського господарства у контексті глобальних кліматичних змін є вивчення їх впливу на накопичення продуктивної ґрунтової вологи, а отже, і забезпечення сталої врожайності сільськогосподарських культур.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вирішальним чинником досягнення високих врожаїв сільськогосподарських культур за умов нестійкого зволоження Лісостепу України є накопичення та раціональне використання вологи, яка є одним із найважливіших нерегульованих чинників (Litvinov D. et. al., 2020).

Пшениця озима це культура яка є досить вимогливою до місця розміщення в сівозміні (Siroshstan A. et. all., 2021). Розміщення пшениці озимої в сівозміні після оптимальних попередників є найбільш доцільним агротехнічним заходом, який істотно впливає на водний, поживний режими, оптимізацію фітосанітарного стану ґрунту і посівів, тим самим забезпечити підвищення ефективності використання та енергетичний потенціал ґрунту (Шевченко М. В., 2019).

Рослина починає витратити вологу з моменту проростання насіння. Незначна витрата вологи на даному етапі. Після появи сходів

Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.

рослина починає вбирати майже всю після появи сходів, вся волога йде на випаровування (транспірацію). У процесі фотосинтезу використовується не більше 1,0–1,5 % від усієї вологи, що витрачає рослина (Гамаюнова В. В. та ін., 2016). Тому питання динаміки та раціонального використання ґрунтових вологозапасів і атмосферних опадів агроценозами пшениці озимої і соняшником не втрачають наукової актуальності і мають велике практичне значення.

**Мета досліджень** встановити зміни в посівах пшениці озимої і соняшника в п'ятипільних сівозмінах на запаси доступної вологи та водоспоживання.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження з вивчення доступної ґрунтової вологи проведено упродовж 2012–2021 рр. на дослідному полі Білоцерківського національного аграрного університету, що територіально розташовується у зоні нестійкого зволоження Лісостепу. Ґрунт дослідного поля представлений чорноземом типовим малогумусним середньосуглинковим з умістом гумусу в 0–30 см шарі 3,7–3,9 %.

Дослідження виконували у стаціонарному польовому досліді чотирьох п'ятипільних сівозмін з різним насиченням соняшником: плодозмінна (насичення соняшником 10 %): люцерна – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – 0,5 поля

буряки цукрові + 0,5 поля соняшник – гречка – ячмінь з підсівом люцерни; зернопросапна (насичення соняшником 20 %): соя – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – соняшник – ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат – кукурудза; зернопросапна спеціалізована (насичення соняшником 30 %): гречка – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – 0,5 поля кукурудза + 0,5 поля соняшник – ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат – соняшник; просапна (насичення соняшником 40 %): горох – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – соняшник – кукурудза – соняшник.

Площа посівної ділянки 171 м<sup>2</sup>, облікової – 112 м<sup>2</sup>, повторність – 3-разова.

Клімат території помірно-континентальний, середньорічна температура повітря +6...+8 °С. Випадає опадів за середньобогаторічною нормою 560 мм, за вегетаційний період – 350 мм. Метеорологічні умови на період досліджень виявилися сприятливими для росту та розвитку основних сільськогосподарських культур як за зволоженням, так і за температурним режимом. Розраховані коефіцієнти істотності (Кі) відхилення кількості опадів від багаторічних значень засвідчили про істотну зволоженість умов 2013 р. – (Кі = 1,6) та 2016 р. – (Кі = 1,8) і посушливість у 2015 р. (Кі = –1,2). В інші роки відхилення кількості опадів від

Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.

середньобагаторічних значень були неістотні. За сумою активних температур умови років досліджень виявились типовими ( $K_i < \pm 1$ ). Холодним порівняно з багаторічними виявився 2014 рік, а спекотним – 2020 рік.

Відбирання ґрунтових проб і підготовку їх до аналізу проводили згідно з вимогами ДСТУ 4287 : 2004 і ДСТУ ISO 11464 : 2007. Загальні та доступні запаси вологи у ґрунті, баланс вологи – розрахунковим методом на основі визначення вологості ґрунту (ДСТУ ISO 16586 : 2005). Дослідження проведені в полях пшениці озимої в коротко ротаційних сівозмінах.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Запаси доступної вологи у ґрунті під час сівби сільськогосподарських культур залежать від ґрунтово-кліматичних умов, кількості та розподілу опадів під час вегетації, попередників, передпопередників, водних

властивостей ґрунту від початкових запасів вологи (Dresser M. F., 2018)/

Дослідження показали, що запаси доступної вологи у сівозміні повною мірою розкриваються в агрофітоценозі пшениці озимої, де вони формуються у ґрунті за рахунок весняно-літніх опадів, а також використання їх рослинами (табл. 1).

Запаси доступної вологи на період сівби пшениці озимої найвищими спостерігалися в зернопросапній спеціалізованій сівозміні, де пшеницю висівали після гречки з показником у шарі 0–150 см – 257,2 мм, у шарі 0–50 см – 78,5 мм, у 50–100 см – 67,4 мм. У плодозмінній сівозміні запаси доступної вологи у шарі 0–150 см становили 204,3 мм, у шарах 0–50 см і 50–100 см 59,4 та 52,4 мм, що менше від зернопросапної сівозміни на 19,1 і 15,0 мм. Це пояснюється використанням вологи люцерною упродовж вегетації як попередником пшениці озимої.

### 1. Запаси доступної вологи в коротко ротаційних сівозмінах під пшеницею озимою, мм

Сівозміна	Фаза визначення							
	сівба				на період збирання			
	Шар ґрунту, см							
	0-30	0-50	50-100	100-150	0-30	0-50	50-100	100-150
Плодозмінна	34,0	59,4	52,4	58,5	33,7	62,0	26,7	53,3
Зерно просапна	33,6	70,2	52,8	63,0	24,9	32,0	43,0	47,5
Зернопросапна спеціалізована	39,0	78,5	67,4	72,3	29,2	53,5	34,2	48,3
Просапна	29,4	40,1	43,5	59,4	18,6	37,5	20,4	39,4
НІР <sub>05</sub> загальне	13,2	24,1	18,0	20,5				

Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.

У зернопросапній сівозміні запаси доступної вологи у 0–150 см шарі ґрунту на час сівби пшениці озимої на 33,6 мм менше від зернопросапної спеціалізованої. Проте у 0–50 см і 50–100 см шарах ґрунту запаси доступної вологи становили 70,2 і 52,8 мм. Найменші запаси доступної вологи в 0–150 см шарі відзначено у просапній сівозміні з 40 % насичення соняшнику – 172,4 мм, що пов'язано із використанням вологи соняшником, кукурудзою і дещо пізнішим звільненням поля. Водночас в 0–50 см і 50–100 см шарах це становило 40,1 і 43,5 мм, що вплинуло на продуктивність пшениці озимої. На час збирання пшениці озимої найвищі запаси доступної вологи зафіксовано за плодозмінної сівозміни – 175,7 мм, зернопросапної – 147,4 мм, зернопросапної спеціалізованої сівозміни – 165,2 мм, у просапній – 115,9 мм.

Недостатнє забезпечення потреб пшениці вологою виступає головним чинником, який не дає можливості повною мірою реалізувати потенціал її продуктивності.

Сумарне водоспоживання культур – це та кількість води, яка необхідна рослинам протягом вегетаційного періоду для отримання запланованого врожаю в конкретних погодних умовах при оптимізації усіх технологічних процесів. Численними дослідженнями встановлено, що найбільш сильними регулюючими факторами показників сумарного

водоспоживання є кліматичні умови зони вирощування, погода під час вегетації рослин, біологічні ознаки сортів і, насамперед, вологозабезпеченість рослин (Dar E. A. et. all., 2017). Сумарне випаровування змінюється упродовж вегетації залежно від темпів ростових процесів і розвитку рослин, погодних умов, водного режиму ґрунту та інших чинників. На початку вегетації культури витрачають незначну кількість вологи і, в основному, за рахунок випаровування з поверхні ґрунту. У пшениці озимої виділяють два великих періоди щодо розвитку рослин і використання вологи: перший – від сходів до припинення вегетації у зв'язку з припиненням вегетації рослин зимою; другий – від весняного поновлення вегетації і до визрівання зерна (Siroshstan A. et. all., 2021).

Весняно-літній період характеризується переважанням витрат вологи над її накопиченням у ґрунті. Упродовж вегетації ґрунтова волога більшою мірою витрачається на формування врожаю і частково на фізичне випаровування з поверхні ґрунту. Звідси, на полях, під сільськогосподарськими культурами було визначено сумарні втрати вологи за рахунок випаровування поверхнею ґрунту і рослинами (табл. 2).

За плодозмінної сівозміни запаси доступної вологи на період збирання становили 1372 м<sup>3</sup>/га, зернопросапної – 1154 м<sup>3</sup>/га, зернопросапної

Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.

спеціалізованої і просапної – 1327 і 928 м<sup>3</sup>/га, що і вплинуло на загальні витрати вологи.

## 2. Витрати доступної вологи пшеницею озимою залежно від сівозмін

Сівозміна	Запаси доступної вологи, м <sup>3</sup> /га		Кількість опадів, м <sup>3</sup> /га	Загальні витрати води, м <sup>3</sup> /га	Урожайність, т/га	Витрати води на 1 тону зерна, м <sup>3</sup>
	I	II				
Плодозмінна	2664	1372	2740	4032	5,7	70,7
Зернопросапна	2848	1154	2740	4434	5,2	85,2
Зернопросапна спеціалізована	2795	1327	2740	4208	4,3	97,8
Просапна	2817	928	2740	4629	5,1	90,7

**Примітка:** I – весняне відновлення вегетації пшениці озимої; II – на час збирання пшениці озимої.

Найбільші витрати доступної вологи спостерігалися за просапної сівозміни – 4029 м<sup>3</sup>/га, тоді як за плодозмінної запаси доступної вологи становили 4032 м<sup>3</sup>/га. Коефіцієнт водоспоживання вологи найбільшим виявився у зернопросапній спеціалізованій і просапній – 97,8 і 90,7 м<sup>3</sup>/т відповідно, тоді як за плодозмінної – 70,7, зернопросапної – 85,2 м<sup>3</sup>, що було менше від просапної на 5,5 і 20 м<sup>3</sup>/т. Такі показники пояснюються наявністю люцерни й сої у сівозміні, які поліпшують азотне живлення рослин і водообмін. У просапній сівозміні загальні витрати вологи однією ланкою врожаю становили 90,7 м<sup>3</sup>, зважаючи на більші запаси вологи у глибших шарах ґрунту та інтенсивне використання вологи рослинами.

**Обговорення.** Результати експериментального дослідження підтверджують встановлені раніше

закономірності та розширюють виробничі рекомендації щодо витрат доступної вологи. Зокрема, в науковій праці Л. В. Центилю, С. Л. Шило (2022), встановлено, що у процесі вегетації рослини пшениці озимої найбільш ефективно витрачали вологу за розміщення у сівозміні після гороху і ріпаку озимого. Витрата вологи на формування одиниці сухої речовини рослинами пшениці озимої становили 309 і 308 м<sup>3</sup>/т.

Наукові дослідження щодо динаміки продуктивної вологи у ґрунті висвітлено у статті В. Ф. Камінський, В. В. Гангур (2018), автори встановили, що період від весняного відновлення ростових процесів у пшениці озимої до настання фази колосіння є найбільш активним щодо водоспоживання та вимогливим щодо забезпечення оптимальних запасів продуктивної вологи в ґрунті, бо саме їхній дефіцит

Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.

є головним лімітуючим чинником високої продуктивності посівів культури.

**Висновки.** Найвищі запасами доступної вологи у шарі ґрунту 0–30 см на час сівби пшениці озимої зафіксовано у зернопросапній спеціалізованій сівозміні. На період збирання пшениці озимої запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–

100 см значно зменшилися у всіх сівозмінах порівняно з початковим періодом вегетації культури. Витрати вологи на період збирання пшениці були найбільшими у просапній сівозміні – 4629 м<sup>3</sup>, тоді як за зернопросапної і зернопросапної спеціалізованої сівозміни – на 195 і 421 м<sup>3</sup> менше.

#### Список використаних джерел

1. Гамаюнова В. В., Литовченко А. О., Музика Н. М. Значення попередника у формуванні зернової продуктивності озимих культур в умовах Степу України. Вісник ЖНЕАУ. 2016. 1 (53), т.1. С. 80–87.

2. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої в зоні лівобережного лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. (1), 122–127. DOI <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.14>

3. Єрмолаєв М. М., Шиліна Л. І., Літвінов Д. В. Закономірності формування водного режиму в сівозмінах на чорноземах Лісостепу Лівобережного. Вісник аграрної науки. Київ, 2008. № 6. С. 13–17.

4. Камінський В. Ф., Гангур В. В. Динаміка продуктивності вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 3. С. 11–14. DOI <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.01>

5. Літвінов Д. В. Формування водного режиму ґрунту в системі короткоротаційних сівозмін. Вісник аграрної науки. Київ, 2015. № 11. С. 13–18.

6. Сівозміна – основа інтенсифікації землеробства / Л. А. Барштейн, Л. Я. Бергульова, А. В. Волянський [та ін.] ; за ред. О. О. Собка. К. : Урожай, 1985. 296 с.

7. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. 210 с.

8. Центило Л. В., Шило С. Л. Потенціал вологи ґрунту в агроценозі пшениці озимої в Правобережному лісостепу України. Таврійський науковий вісник. 2022. № 127. С. 179–185. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.22>

9. Dar E. A., Singh A. S., Singh K. B. Water use and productivity of drip irrigated wheat under variable climatic and soil moisture regimes in North-West. India. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2017. 248. P. 9–19.

10. Dmytro Litvinov, Olena Litvinova, Natalia Borys, Andrii Butenko, Ihor Masyk, Viktor Onychko, Lidiia Khomenko, Nataliia Terokhina, Serhii Kharchenko. The typicality of hydrothermal conditions of the forest steppe and their influence on the productivity of crops. Journal of Environmental Research, Engineering and Management. 2020. Vol. 76. No.3. pp. 84–95. <https://doi.org/10.5755/j01.ereem.76.3.25365>

11. Dreccer MF, Fainges J, Whish J, Ogbonnaya FC, Sadras VO. Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and 185 Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво water stress across Australia. Agricultural and Forest Meteorology. 2018. 248:275–294. DOI <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.006>

12. Siroshtan Andrii, Kavunets Valerii, Derhachov Oleksandr, Pykalo Serhii, Ilchenk Liudmyla. Yield and Sowing Qualities of Winter Bread Wheat Seeds Depending on the Preceding Crops and Sowing Dates in the Forest–Steppe of Ukraine. American Journal of

Agriculture and Forestry. 2021. Vol. 9. No. 2. pp. 76–82. DOI <https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20210902.15>

### References

1. Gamayunova, V. V., Lytovchenko, A. O., Muzika, N. M. (2016). The importance of the predecessor in the formation of grain productivity of winter crops in the conditions of the Steppe of Ukraine. *Bulletin of Zhneau*. 1 (53), 1. 80–87.
2. Gangur, V. V., Kotlyar Ya. O. (2021). Influence of precursors on water consumption and productivity of winter wheat in the left-bank forest-steppe zone of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. (1), 122–127.
3. Yermolaev, M. M., Shilina, L. I., Litvinov, D. V. (2008). Patterns of water regime formation in crop rotations on the chernozems of the Livoberezhny Forest Steppe. *Herald of Agrarian Science*. Kyiv, 6. 13–17.
4. Kaminskyi, V. F., Gangur, V. V. (2018). Dynamics of soil moisture productivity during winter wheat cultivation in crop rotations of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 3, 11–14.
5. Litvinov, D. V. (2015). Formation of the water regime of the soil in the system of short-rotational crop rotations. *Herald of Agrarian Science*. Kyiv, 11, 13–18.
6. Barshtein, L. A. et. all. (1985). Crop rotation - the basis of agricultural intensification. Kyiv: Urozhaj.
7. Shevchenko, M. V. (2019). Scientific basis of tillage systems in conditions of unstable and insufficient moisture: monograph. Kharkiv: KHNAU, Maidan.
8. Tsentilo L. V., Shilo S. L. (2022). Soil moisture potential in winter wheat agrocenosis in the Right Bank forest-steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Bulletin*. 127, 179–185. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.22>
9. Dar, E. A., Singh, A. S., Singh, K. B. (2017). Water use and productivity of drip irrigated wheat under variable climatic and soil moisture regimes in North-West. India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 248, 9-19.
10. Dmytro Litvinov, Olena Litvinova, Natalia Borys, Andrii Butenko, Ihor Masyk, Viktor Onychko, Lidiia Khomenko, Nataliia Terokhina, Serhii Kharchenko. (2020). The typicality of hydrothermal conditions of the forest steppe and their influence on the productivity of crops. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management*. 76. 3, 84–95. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.76.3.25365>
11. Dreccer, M. F, Fainges, J, Whish J, Ogonnaya, F.C., Sadras, V.O. (2018). Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*. 248:275–294. DOI <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.006>
12. Sirosthan Andrii, Kavunets Valerii, Derhachov Oleksandr, Pykalo Serhii, Ilchenk Liudmyla. (2021). Yield and Sowing Qualities of Winter Bread Wheat Seeds Depending on the Preceding Crops and Sowing Dates in the Forest–Steppe of Ukraine. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 9. 2, 76–82. DOI <https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20210902.15>

## CHANGE OF AVAILABLE SOIL MOISTURE RESERVES IN AGROCENOSES OF WINTER WHEAT IN SHORT ROTATION CROP ROTATIONS

O. B. Panchenko, V. I. Melnyk, M. Zhovtun

**Abstract.** *The article presents the results of changes in available soil moisture in winter wheat crops in four short-rotation crop rotations. The research was carried out during 2012-2021 at the experimental field of the Belotserki National Agrarian University of the Kyiv region. The soil of the experimental field is a typical chernozem*

Панченко О. Б., Мельник В. І., Жовтун М. В.

*with a low humus content of average loamy humus in the 0–30 cm soil layer of 3,7–3,9 %. Four short-rotation crop rotations were studied (sunflower saturation 10 %); cereal grain (sunflower saturation 20 %); specialized seedbed (sunflower saturation 30 %); rowing (sunflower saturation 40 %).*

*It was established that the reserves of available moisture for the period of winter wheat sowing were the highest in the grain-row specialized crop rotation, where wheat was sown after buckwheat with 257,2 mm in the 0–150 cm layer, 78,5 mm in the 0–50 cm layer. In the crop rotation in the 0–150 cm layer, they were 204,3 mm, in the 0–50 cm and 50–100 cm layers 59,4 and 52.4 mm, which is 19,1 and 15.0 less than in the grain-row crop rotation mm.*

*During the crop rotation, the reserves of available moisture for the harvesting period were 1372 m<sup>3</sup>/ha, grain-rowing – 1154 m<sup>3</sup>/ha, specialized grain-rowing and row-rowing – 1327 and 928 m<sup>3</sup>/ha, which affected the total moisture consumption. The highest consumption of available moisture was observed during row crop rotation - 4029 m<sup>3</sup>/ha, while during crop rotation the available moisture reserves were 4032 m<sup>3</sup>/ha. The coefficient of moisture consumption was the highest in specialized and row-row crops – 97,8 and 90,7 m<sup>3</sup>/t, respectively, while for crop rotation – 70,7, grain-row crops – 85,2 m<sup>3</sup>, which was less than row crops by 5,5 and 20 m<sup>3</sup>/t.*

**Keywords:** *crop rotation, winter wheat, content of available moisture, dynamics, moisture consumption*

**How to Cite:** Panchenko, O., Melnyk, V., & Zhovtun, M. (2024). Change of available soil moisture reserves in agrocenoses of winter wheat in short rotation crop rotations. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.023](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.023)

Слободяник Г. Я.

УДК 635.261:631.5:631.8:579.26

**ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦИБУЛІ ПОРЕЙ ЗАЛЕЖНО ВІД ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ҐРУНТОВОГО БІОПРЕПАРАТУ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****Г. Я. СЛОБОДЯНИК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0003-3419-9751>*Уманський національний університет садівництва*E-mail: [sgy123@i.ua](mailto:sgy123@i.ua)[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.007](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.007)

***Анотація.** Забезпечення споживачів високоякісним овочами і збереження родючості ґрунту передбачає раціонального використання добрив. Вирощування овочевих рослин на краплинному зрошенні суттєво підвищує їх врожайність, але потребує додаткового дослідження для визначення найбільш ефективного підживлення. Сумісне мінеральне підживлення цибулі порей разом із ґрунтовими біопрепаратами поліпшує умови живлення рослин і склад ризосферної мікробіоти. Мета даного дослідження – виявити ефективні комбінації підживлення цибулі порей за вирощування на краплинному зрошенні. Варіантами двофакторного дослідження були: фактор А – ґрунтовий біопрепарат Граундфікс і фактор В – мінеральні добрива DripFert –  $N_{20}P_{20}K_{20}$ ,  $N_{40}P_{10}K_{10}$ ,  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$ ,  $N_{40}P_{10}K_{10} + N_{10}P_{10}K_{40}$ , варіант контролю – без підживлень. Для обліку даних і аналізу результатів використано польовий, лабораторний і математично-статистичний методи досліджень.*

*Після підживлення лише мінеральними добривами частка азотфіксувальних бактерій була 11–19%, а сумісно з Граундфіксом збільшувалася до рівня 37–39%. За динамікою формування листкової маси цибулі порей відмічено перевагу сумісного підживлення мінеральним добривом з Граундфіксом. В межах фактору В найбільша листкова поверхня була після підживлень  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$  – 19,12 тис. м<sup>2</sup>/га. Частка впливу на товарну врожайність цибулі порей фактору А (Грандфікс) становить 32%, а фактору В (мінеральне добриво) – 60%, проте, недостовірний вплив їх взаємодії. Залежно від мінеральних добрив – нижча врожайність за використання  $N_{20}P_{20}K_{20}$  і  $N_{40}P_{10}K_{10}$ . Максимальний рівень товарної врожайності був за сумісного підживлення Грандфікс +  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$  – 35,3/га. Використання мінерального добрива  $N_{10}P_{10}K_{40}$  позитивно впливає на вміст цукрів і аскорбінової кислоти. Отже, для оптимізації поживного режиму цибулі порей на краплинному зрошенні доцільне сумісне внесення ґрунтового біопрепарату Граундфікс і  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$ . Інтенсивне підживлення є класичним заходом підвищення продуктивності овочевих рослин в умовах зрошення.*

**Ключові слова:** цибуля порей, мінеральні добрива, Граундфікс, підживлення

**Актуальність.** Забезпечення споживачів овочевою продукцією потребує розширення їх видового асортименту і високі стандарти

Слободяник Г. Я.

якості. Інтенсивні технології вирощування спрямовані на підвищення врожайності овочевих рослин поряд із збалансованим природокористуванням. В Лісостепу України незрошуване овочівництво набуває статусу ризикованого, а на краплинному зрошенні продуктивність овочів в рази зростає. Вища врожайність обумовлює інтенсивний винос поживних речовин з ґрунту, що вирішується внесенням органічних і мінеральних добрив (Зелендін, 2009). Оптимізує поживний режим ґрунту, залежно виду і фази розвитку овочевої рослини, поєднання краплинного зрошення і удобрення – фертигація. Оскільки цибулеві овочеві рослини несолестійкі, дози їх підживлення варіюють залежно від умов вирощування. Цибуля порей вирізняється тривалим вегетаційним періодом, вимоглива до сталого зволоження і живлення. Недостатньо інформації про вплив фертигації комплексними мінеральними добривами на ріст і розвиток цибулі порей. Щоб вирішити ряд екологічних проблем і зменшити агрохімічне навантаження в сучасних інтенсивних технологіях вирощування овочевих рослин застосовують безпечні біологічні препарати, ефективність яких на цибулі порей також мало досліджена.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Обмеження водних ресурсів, подорожання добрив і

енергоносіїв поряд зі зміною клімату вимагає суттєвого перегляду і удосконалення технології вирощування овочів (Ромащенко та ін., 2024; Бойко, 2020). Активне регулювання процесів формування врожаю базується на комплексному використанні агротехнічних заходів і природно-кліматичних ресурсів. Удобрення є обов'язковою умовою результативності зрошуваного землеробства, де врожайність овочевих культур підвищується на 30–35% (Корнієнко та ін., 2014). Перевага фертигації полягає в економії як мінімум 25% добрив завдяки вищій ефективності використання легкорозчинних сполук. Світова практика показує, що на суглинкових ґрунтах із високим чи середнім забезпеченням елементами живлення можна застосовувати лише фертигацію без основного удобрення або з локальним внесенням мінеральних добрив (Білера, 2018; Готвянська, Нестеренко, 2020). Мікроелементи для цибулі також доцільно вносити через систему краплинного зрошення. На внесення азотних і фосфорних мінеральних добрив найбільше реагують такі овочеві культури як морква, салат, цибуля ріпчаста і порей. Основну масу поживних речовин цибуля використовує у другій половині вегетації, коли формується врожай. В цей же період вища потреба в калійних добривах (Ромащенко, 2010).

Слободяник Г. Я.

На відміну від цибулі ріпчастої, рослини порею для формування 1 т урожаю потребують більше поживних речовин. Достатня їх кількість активізує метаболізм на клітинному рівні, сприяє росту кореневої системи і надземної маси рослин (Al-Fraihat, 2016). Поживний режим цибулі порей впливає не лише на ріст і розвиток рослини, але на біохімічну цінність продукції. Надмірна кількість азоту або дефіцит фосфору чи калію мають згубні наслідки для білкових сполук порею. (Guerrero et al., 2005). Ряд досліджень підтверджують позитивний вплив калійних добрив на продуктивність цибулевих овочевих рослин, стійкість до хвороб і посухи (Uke et al., 2015; Каго, Маграунг, 2020).

Мінеральні добрива безумовно є одним із основних факторів, який визначає рівень врожайності цибулі. Але тривале і щорічне внесення мінеральних добрив призводить до дисбалансу поживних речовин і шкодить навколишньому середовищу. Синтетичні азотні, фосфорні та калієві добрива потрібно вносити під кожен сезон вирощування, оскільки вони швидко втрачаються (Aisha et al., 2007). Негативним наслідком беззмінного використання лише мінеральних добрив є деградація і зміна мікробіологічної активності ґрунтів (Rizk et al., 2014; Парамонова, Ходєєва, 2016). Застосування мікробіологічних добрив вирішує

проблеми збереження родючості ґрунту і отримання екологічно чистої продукції. В овочівництві найбільший поширеними біодобавками є добрива на основі органічних речовин з стимуляторами росту, арбускулярні мікоризні гриби, гриби біоконтролю (наприклад, *Trichoderma harzianum*) та бактерії, що стимулюють ріст рослин (наприклад, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*) (Vosátka et al., 2015). Інокуляція бактеріями практикується для стимуляції росту рослин цибулі порей, забезпечення їх поживними речовинами, адаптації до біотичних і абіотичних стресів, зменшення норм внесення мінеральних добрив (Vosátka et al., 2015; Карпенко et al., 2020).

Для підвищення продуктивності цибулі порей на краплинному зрошенні необхідно впроваджувати такі прийоми, які поряд з інтенсивною технологією, відповідають вимогам збереження родючості ґрунту та одержання екологічної, якісної продукції.

**Мета дослідження.** Врожайність цибулі порей на краплинному зрошенні залежить від оптимального удобрення, тому оцінювали ефективність її підживлень комплексними мінеральними добривами і ґрунтовим біодобривом Граундфікс.

**Матеріали і методи дослідження.** Експериментальну частину роботи виконано на

Слободяник Г. Я.

дослідних ділянках та в лабораторних умовах кафедри овочівництва Уманського національного університету садівництва в 2018–2022 роках. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з умістом гумусу 1,9 %. Реакція ґрунтового розчину слабокисла: рН (сольове) – 6,3. В орному шарі міститься азоту 103 мг на кг ґрунту (за методом Корнфілда); високий вміст рухомого фосфору 585 мг/кг і калію 278 мг/кг (за Чириковим). Клімат регіону проведення досліджень характеризується як помірно-континентальний з нестійким зволоженням. Упродовж років досліджень відзначали перевищення рівня температури у другій половині вегетації, що негативно позначилося на ростових процесах цибулі порей. 60-денну розсаду цибулі порей висаджували на дослідні ділянки у другій декаді квітня, схема розміщення рослин 45×15 см. На фоні краплинного зрошення оцінювали ефективність внесення ґрунтового біодобрива Граундфікс (4 л/га) (фактор А) і кореневого підживлення мінеральними добривами (фактор В) –  $N_{20}P_{20}K_{20}$ ,  $N_{40}P_{10}K_{10}$ ,  $N_{20}P_{20}K_{20}+N_{10}P_{10}K_{40}$ ,  $N_{40}P_{10}K_{10}+N_{10}P_{10}K_{40}$  та. Варіант порівняння – без підживлень. Програма фертигації (три підживлення по 65 кг/га мінеральних добрив за періоди вегетації – 30–60 доба, 61–90 доба і 91–120 доба у відкритому ґрунті) та схема досліду

заплановані з врахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті, їх коефіцієнтів засвоєння на фертигації і потреби для врожаю цибулі порей 30 т/га. Для етіюляції несправжнього стебла рослини порею двічі підгортали ґрунтом. Збирали і обліковували врожай 10 жовтня. Біометричні вимірювання і лабораторні аналізи виконували згідно загальноприйнятих методик (Бондаренко, Яковенко К.І., 2001), чисельність мікроорганізмів визначали за ДСТУ 7847:2015. Середні дані були проаналізовані за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Отримані середні значення порівнювали за допомогою критерію Тьюкі. Всі розрахунки були на рівні значимості  $p \leq 0,05$ .

**Результати дослідження та їх обговорення.** Ефективне використання добрив пов'язане із комплексом агроєкологічних умов, у тому числі, і з мікробіологічною характеристикою ґрунту. Помірне внесення мінеральних добрив інтенсифікує мікробіологічні процеси і вважається корисним (Тимчук, 2016; Demuyanyuk et al., 2018).

Результати мікробіологічного дослідження ґрунту після підживлення цибулі порей мінеральними добривами та біодобривом Граундфікс свідчать про позитивну динаміку загальної чисельності бактерій (табл. 1). У середньому по фактору А

Слободяник Г. Я.

(біодобриво) станом на другу декаду червня загальна чисельність бактерій після підживлення Граундфіксом була у 1,8 разів більша, аніж без біодобрива. Після всіх підживлень Граундфіксом (облік 20.08) відмічено максимальну кількість бактерій –  $6,4 \times 10^6$  КУО в 1 г сухого ґрунту.

У середньому по фактору В (мінеральні добрива) загальна чисельність бактерій після мінеральних підживлень також істотно перевищувала контроль, зокрема, у другій декаді червня – у 1,3–1,6 рази, у другій декаді серпня – у 1,2–1,4 рази. Вищі дози внесення азоту (сумарно за всі підживлення)

виявили негативну дію на чисельність бактерій, тому станом на другу декаду серпня найбільша їх кількість була за підживлення  $N_{20}P_{20}K_{20}$  –  $5,80 \times 10^6$  КУО в 1 г сухого ґрунту. У другій половині вегетації, після всіх досліджуваних підживлень частка впливу фактору В (мінеральне добриво) на кількість бактерій становила лише 11%, тоді як вплив Граундфіксу (фактор А) – 82%. У варіанті без добрив відзначали найнижчу кількість бактерій, що узгоджується з даними інших досліджень (Тимчук, 2016; Центило, 2019).

### 1. Динаміка чисельності бактерій у ризосфері цибулі порей залежно від підживлення, середнє за 2018-2022 рр., ( $x \pm SD$ )

Підживлення	Бактерії, загальна кількість ( $10^6$ КУО в 1 г сухого ґрунту)		Азотфіксувальні мікроорганізми (% від загальної кількості)	
	20.06	20.08	20.06	20.08
Середнє по фактору А (біодобриво)				
Без біодобрива	2,37b <sup>**</sup> ±0,41	3,44 b ±0,68	19b±4	16b±4
Граундфікс	4,34a±0,76	6,43a±0,82	31a±5	39ab ±3
Середнє по фактору В (мінеральні добрива)				
Без мінеральних добрив (контроль)	2,43d±0,73	4,15c±1,54	22c±7	25b±14
$N_{20}P_{20}K_{20}$	3,59b±1,27	5,80a±1,85	29a±8	31ab±13
$N_{40}P_{10}K_{10}$	3,91a±1,80	4,86b±1,51	*25b±7	27ab±13
$N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$	3,80b±1,17	4,94b±1,52	*25b±8	*26b±12
$N_{40}P_{10}K_{10} + N_{10}P_{10}K_{40}$	3,05c±0,94	5,01b±1,99	26b±7	28ab±12
Середнє по досліді	3,36±1,16	4,97±1,69	25±8	27±12
CV, %	35	34	30	45
НІР <sub>05А</sub>	0,11	0,29	3	2
НІР <sub>05В</sub>	0,17	0,45	4	3
НІР <sub>05АВ</sub>	0,24	0,64	Fф < Fт	Fф < Fт

Примітки: \* – не достовірна різниця для НІР<sub>05В</sub>; \*\* різні літери вказують на відмінність між даними за критерієм Тьюкі

Слободяник Г. Я.

Частка азотфіксувальних мікроорганізмів станом на другу декаду серпня знижувалася до 16 %, порівняно до обліку 20.06 (19 %) лише у варіанті без підживлень. Після застосування Граундфіксу частка азотфіксувальних мікроорганізмів за період 20.06–20.08 збільшувалася на 8 %, тоді як після мінеральних підживлень – лише на 1–2%. На розвиток азотфіксувальних мікроорганізмів основний позитивний ефект має внесення біодобрива Граундфікс (частка впливу 67–91 %). Варіювання загальної чисельності бактерій і вмісту азофіксувальних у ризосфері цибулі порей на краплинному

зрошенні залежно від підживлень було дуже значним – відповідно 34–35 % і 30–45 %.

Оцінюючи біометричні параметри асиміляційної поверхні цибулі порей встановлено найбільш інтенсивний приріст площі листків за період I.06–I.08 та на фоні сумісного внесення біодобрива і мінеральних добрив (табл. 2). Станом на першу декаду серпня за підживлення Граундфікс + N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> і Граундфікс + N<sub>40</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> + N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> рослини цибулі порей формували 89–90% листкової поверхні від показників у фазі збирання врожаю (I.10).

## 2. Динаміка листкової поверхні цибулі порей залежно від підживлення, тис. м<sup>2</sup>/га, середнє за 2018-2022 рр., (x±SD)

Біо-добриво (фактор А)	Мінеральні добрива (фактор В)	Дата обліку		
		I.06	I.08	I.10
Без підживлень	Без підживлень (контроль)	0,82c <sup>***</sup> ±0,10	9,08h±0,35	10,83f±1,09
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	0,95bc±0,11	12,11de±0,62	15,04cde±1,11
	N <sub>40</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub>	0,98abc±0,12	*10,64fg±0,54	14,43de±0,65
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>40</sub>	0,84c±0,11	*11,71def±0,42	18,23ab±1,16
	N <sub>40</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub> + N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>40</sub>	0,86bc±0,11	*9,69 <sup>**</sup> gh±0,47	13,67e±1,20
Граундфікс	Без підживлень	0,79c±0,10	11,16ef±0,78	15,65bcde±1,29
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	1,26a±0,12	12,79cd±0,51	16,91bcd±1,75
	N <sub>40</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub>	1,14ab±0,12	13,96c±0,54	17,67abc±1,20
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>40</sub>	1,04abc±0,09	18,05a±0,76	20,01a±0,95
	N <sub>40</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub> + N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>40</sub>	1,01abc±0,16	15,92b±0,71	17,89ab±0,96
Середнє по досліді		0,97±0,18	12,51±2,73	16,03±2,76
CV, %		19	22	17
НІР <sub>05А</sub>		0,08	0,38	0,75
НІР <sub>05В</sub>		0,12	0,60	1,19
НІР <sub>05АВ</sub>		F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	0,85	1,69

Примітки: \* – не достовірні різниці для НІР<sub>05В</sub>; \*\* – не достовірні різниці для НІР<sub>05АВ</sub>; \*\*\* – різні літери вказують на відмінність між даними за критерієм Тьюкі

Слободяник Г. Я.

На фоні лише мінеральних підживлень без біодобрива станом до першої декади серпня формувалося 64–81 % листкової поверхні рослин цибулі порей з найвищим показником 12,11 тис. м<sup>2</sup>/га у варіанті N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>. Використання для підживлення цибулі порей мінерального добрива N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> сумісно з біодобривом Граундфікс, N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> або N<sub>40</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> забезпечувало найбільшу листкову поверхню рослин – 15,92–18,02 тис. м<sup>2</sup>/га станом на I.08. Проте, без біодобрива варіант підживлень N<sub>40</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> + N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> виявився менш ефективним – площа листків 9,69 тис. м<sup>2</sup>/га, що лише на 0,61 тис. м<sup>2</sup>/га більше контролю.

Незалежно від застосування біодобрива Граундфікс, формування максимальної листкової поверхні на період збирання врожаю цибулі порей відмічено за мінерального підживлення N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> – 18,23–20,01 тис. м<sup>2</sup>/га, тобто, приріст до варіантів порівняння 4,36–7,40 тис. м<sup>2</sup>/га. У дослідях Karo, Marraung (2020) внесення калійних добрив нормою 200 кг/га збільшувало діаметр, висоту і сиру масу цибулі порей, проте, не доцільно вносити 300 кг/га калійних добрив. Удобрення цибулі шалот сульфатом калію істотно впливає на біометричні параметри рослин (Uke et al., 2015).

У середньому по фактору В за обліку I.10 площа листків цибулі порей з підживленням N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> і N<sub>40</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> становила 15,97–

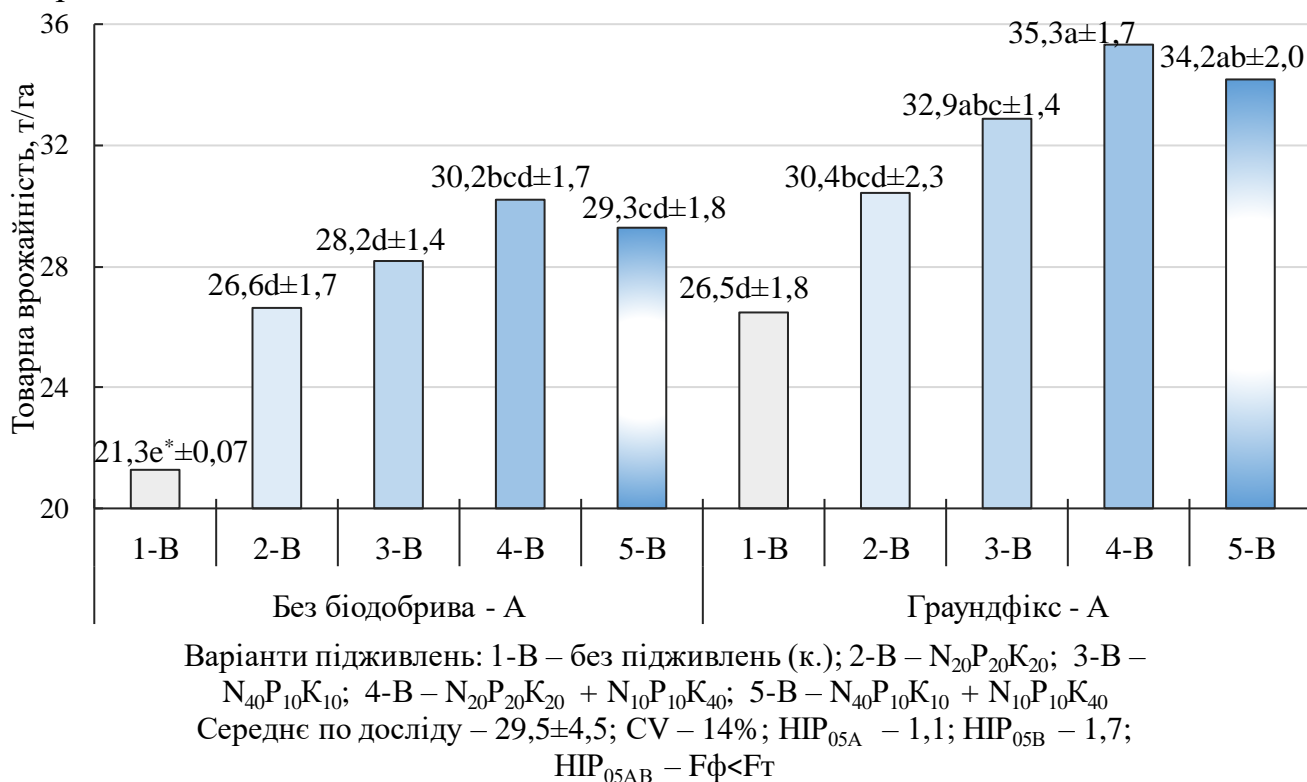
16,05 тис. м<sup>2</sup>/га, що більше варіанту N<sub>40</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> + N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> – 15,78 тис. м<sup>2</sup>/га. Повідомляють про найвищу продуктивність цибулі порей за підживлення мінеральним добривом N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub> (Guerrero et al., 2006), позитивний вплив вищих доз азоту на висоту рослин, площу листків, продуктивність фотосинтезу, діаметр цибулі ріпчастої (Зелендін, 2009; Готвянська, Нестеренко, 2020). У середньому по фактору А, сумарна площа листків після внесення Граундфіксу збільшувалася до 17,63 тис. м<sup>2</sup>/га, проти 14,44 тис. м<sup>2</sup>/га без даного біодобрива. Біопрепарати Органік-баланс і Ріверм (аналогічні Граундфіксу) поліпшували показники площі листків і фотосинтетичного потенціалу цибулі ріпчастої і порей (Вожегова та ін., 2014; Karpenko et al., 2020). За даними дисперсійного аналізу площа листків цибулі порей на початок жовтня залежали від мінерального підживлення на 47 %, тоді як на початку вегетації частка впливу даного фактору була меншою – 31–35 %.

Товарна врожайність цибулі порей обумовлена інтенсивністю росту і розвитку рослин. Застосування краплинного зрошення з досліджуваною схемою фертигації мінеральними добривами і Граундфіксом забезпечувало істотний приріст врожаю цибулі порей (рис. 1). Варіанти підживлення з мінеральним добривом N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> (незалежно від фактору А)

Слободяник Г. Я.

збільшували вихід товарного врожаю порею на 29–42 %, тоді як за умови підживлення  $N_{20}P_{20}K_{20}$  або  $N_{40}P_{10}K_{10}$  врожайність зростала на 15–32%. Найбільш ефективним виявилось комбіноване підживлення  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$  – рівень врожайності 30,2–32,3 т/га, що істотно – на 8,9 т/га більше варіантів без мінеральних добрив за  $НІР_{05В}$  – 1,7 т/га. За

сумісного внесення  $N_{40}P_{10}K_{10} + N_{10}P_{10}K_{40}$  врожайність на 0,9 т/га нижча, порівняно до підживлення калійним добривом разом із  $N_{20}P_{20}K_{20}$ . У середньому по фактору В за фертигації  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$  врожайність порею збільшувалася на 38 %, а після  $N_{40}P_{10}K_{10} + N_{10}P_{10}K_{40}$  – на 33 %.



**Рис. 1. Товарна врожайність цибулі порей залежно від підживлення, середнє за 2018-2022 рр.**

*Примітка:* \* – різні літери вказують на відмінність між даними за критерієм Тьюкі

Удобрення цибулі калійними добривами нормою від 100 кг/га до 250 кг/га підвищує її товарну врожайність, повідомляють Уке та ін. (2015) і Каго, Маграунг (2020). У межах фактору В менш ефективним був варіант фертигації цибулі порей  $N_{20}P_{20}K_{20}$ . За одними даними, доза  $N-NO_3$  більше 50 кг/га не підвищує

врожайність цибулі ріпчастої (Rumpel et al., 2008), водночас, у досліді Al-Fraihat (2016) приріст товарного врожаю цибулі був за внесення азоту 180 кг/га. У досліді із цибулею ріпчастою азотні підживлення на краплинному зрошенні позитивно впливали на врожайність культури

Слободяник Г. Я.

(Готвянська, Нестеренко, 2020; Зелендін, 2009).

Вважають, що після внесення лише органічних добрив врожай цибулі менший, аніж після мінеральних добрив (Guerrero et al., 2006; Serana et al., 2010). Використання ґрунтового біодобрива Граундфікс одночасно з краплинним поливом цибулі порей забезпечувало істотний приріст товарної врожайності до контролю – на 24%. За сумісного підживлення Граундфіксом і різними комбінаціями мінеральних добрив рівень товарного врожаю цибулі порей підвищувався на 11–17%, аніж без біодобрива. Більшість наукових публікацій повідомляють про найвищу врожайність цибуль на фоні сумісного внесення органічних і мінеральних добрив (Корнієнко та ін., 2014; Готвянська, Нестеренко, 2020; Karpenko et al., 2020; Al-Fraihat, 2016; Rizk et al., 2014; Парамонова, Ходєєва, 2016), проте, в даному дослідженні взаємодія впливу факторів біодобриво і мінеральні підживлення на врожайність цибулі порей була недостовірною (на рівні  $p \leq 0,05$ ). В середньому за роки досліджень частка впливу фактору А (біодобриво) на врожайність становила 32%, тоді як фактора В (мінеральні підживлення) – 56%.

Поживна цінність цибулі порей зумовлена вмістом корисних нутрієнтів, білка, цукрів, макро-, мікроелементів і ретельно аналізується залежно від умов

вирощування (Коса, Tasci, 2016; Kučová et al, 2018; Al-Fraihat, 2016). За середніми даними 2018-22 рр. досліджень (табл. 3) на накопичення цукру і аскорбінової кислоти у товарній частині цибулі порей більшим чином впливає внесення ґрунтового біодобрива Граундфікс – 53 % і 63 % відповідно, а вміст нітратів на 92 % визначається мінеральним підживленням. За підживлення цибулі порей Граундфіксом вміст сухої речовини був 15,7 %, тоді як у контролі – менший на 1,7 %. Вміст загального цукру і аскорбінової кислоти у несправжньому стеблі порею з підживленням лише Граундфіксом перевищував контроль на 1,6 г/100 г с.р. і 2,2 мг/100 г відповідно. Варто відмітити, що на фоні сумісного підживлення біодобривом Граундфікс з різними комбінаціями мінеральних добрив товарний порей містив менше нітратів. Після удобрення цибулі порей біодобривами та інокуляції біопрепаратами також був найвищий вміст аскорбінової кислоти і найменший – нітратів (Kučová et al, 2018). Позитивно впливає на біохімічні показники цибулі порей підживлення добривом з високим вмістом калію –  $N_{10}P_{10}K_{40}$ . Відомо про надмірне внесення азотних добрив провокує інтенсивне поглинання води, тому буде менший відсоток сухої речовини і сухої розчинної

Слободяник Г. Я.

речовин в цибулинах (Al-Fraihat, 2016).

### 3. Показники біохімічного складу вибіленого стебла цибулі порей залежно від підживлення, середнє за 2018-2022 рр., ( $\bar{x} \pm SD$ )

Біо-добриво (фактор А)	Мінеральні добрива (фактор В)	Суша речовина, %	Загальний цукор, г/100 г с.р.	Аскорбінова кислота, мг/100 г	Нітрати, мг/кг сирової маси
Без підживлень	Без підживлень (контроль)	14,0±0,6	7,2±0,3	17,0±0,6	52±2
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	14,2±0,6	*7,4±0,3	*16,4±0,7	97±4
	N <sub>40</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub>	14,4±0,5	*7,5±0,1	*17,5±1,5	109±2
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>40</sub>	14,7±0,5	8,7±0,1	*18,2±1,0	66±3
	N <sub>40</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub> + N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>40</sub>	14,8±1,0	9,3±0,7	18,4±1,0	74±5
Граундфікс	Без підживлень	15,7±0,9	8,8±0,3	19,2±0,8	62±3
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	14,7±1,3	9,5±0,4	20,6±0,8	91±3
	N <sub>40</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub>	14,9±0,5	9,6±0,5	21,7±0,8	98±7
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>40</sub>	15,1±0,8	10,1±0,4	23,3±0,3	63±1
	N <sub>40</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub> + N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>40</sub>	14,9±0,6	10,3±0,3	24,9±0,9	65±2
Середнє по досліді		14,7±0,8	8,8±1,1	19,7±2,8	78±19
CV, %		3	13	14	25
НІР <sub>05А</sub>		0,5	0,2	0,6	2
НІР <sub>05В</sub>		Fф < Fт	0,4	0,9	4
НІР <sub>05АВ</sub>		Fф < Fт	0,6	1,3	5

Примітка: \* – не достовірна різниця для НІР<sub>05АВ</sub>

У дослідженнях Коса і Тасчі (2016) вміст сухої речовини в цибулі порей залежно від норм азоту коливався від 7,9 до 14,8%, а фосфорно-калійні підживлення збільшували вміст сухої речовини. За іншими даними (Petrovic, Pokluda, 2020), найвищий загальний вміст сухих розчинних речовин і відсоток сухої речовини був у цибулі варіанту вирощування без добрив.

**Висновки і перспективи.** Сумісне підживлення цибулі порей на краплинному зрошенні мінеральними

добривами N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> і ґрунтовим біопрепаратом Граундфікс позитивно впливає на кількісний і якісний склад бактерій у ризосфері культури. Фертигація цибулі порей лише мінеральними добривами забезпечує формування у 1,3–1,6 разів більшої асиміляційної площі листків, а відтак – більш продуктивному використанню продуктів асиміляції. Максимальна площа листків була за внесення Граундфікс + N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>40</sub> – 20,01 тис.м<sup>2</sup>/га. У другій половині вегетації цибулі порей

Слободяник Г. Я.

мінеральні підживлення і біодобрива достовірно впливали на інтенсивність росту цибулі порей. Вища товарна врожайність цибулі порей на фертигації із Граундфіксом, сумісно із мінеральними добривами  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$ . Врожайність цибулі порей за підживлення  $N_{40}P_{10}K_{10}$  істотно збільшувалася, але ефективність даного мінерального добрива у комбінації із  $N_{10}P_{10}K_{40}$  була меншою. На врожайність і якість цибулі порей позитивний і достовірний вплив має внесення ґрунтового біодобрива Граундфікс

### Список використаних джерел

1. Зелендін Ю.Д. Прийоми та елементи ресурсозберігаючої технології вирощування цибулі ріпчастої у лівобережному Лісостепу України на зрошенні: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.06. Харків, 2009. 22 с.

2. Ромащенко М.І., Файбишенко Б.О., Сайдак Р.В., Шевченко А.М., Усатий С.В., Музика О.П. Вплив змін клімату на стан та перспективи забезпечення водними ресурсами планів повоєнного відновлення систем зрошення та дренажу в Україні. Збірник тез XII міжнародної науково-практичної конференції «Вода для миру». (м. Київ, 21 березня 2024 р.). Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2024. С. 109–112.

3. Бойко Л.О. Сучасні тенденції розвитку овочевої галузі в умовах євроінтеграції України. Агросвіт. 2020. № 6. С. 69–76. doi: 10.32702/2306-6792.2020.6.69.

4. Удобрення овочевих і баштанних культур: монографія / за ред. С.І. Корнієнка, В. Ю. Гончаренка. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. С. 147–165.

5. Білера Н. Фертигація – інноваційний підхід до удобрення культур. Агроном. 2018. 12.07. URL: <https://www.agronom.com.ua/fertygatsiya-innovatsijnyj-pidhid-do-udobrennya-kultur/> (дата звернення: 20.11.2019).

окремо та в усіх комбінаціях з мінеральними добривами.

Для вирощування цибулі порей на краплинному зрошенні у правобережному Лісостепу України на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому оптимальний варіант підживлення Граундфікс +  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$ , але перспективна схема фертигації мінеральними добривами і внесення біодобрив програмується на підставі комплексного аналізу всіх умов вирощування.

6. Готвянська А. С., Нестеренко А. А. Порівняльна оцінка способу зрошення та внесення добрив на ріст і розвиток рослин цибулі ріпчастої. Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпро, 26 листопада 2020 р.). Дніпро, 2020. С. 50–53.

7. Ромащенко М.І. Цибуля ріпчаста. Технологія вирощування на краплинному зрошенні. Херсон: ВЦ ІЗІП НААН, 2010. 21 с.

8. Al-Fraihat Ahmad H. Impact of different fertilizer sources on vegetative growth, yield, quality and storability of onion. International Invention Journal of Agricultural and Soil Science. 2016. Vol. 4 (1). P. 1–8.

9. Guerrero C., Faleiro Leonor M., Pita P., Beltrão J., Brito J. (2006). Inorganic and organic fertilization of "leeks" cultivated in pots: yield, plant mineral content and microbial quality. European Water. 2005. No. 11/12. P. 9–16.

10. Uke Y., Henry B., Ichwan S., Madauna K. Pengaruh ukuran umbi dan dosis kalium terhadap pertumbuhan dan hasil produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) varietas lembah Palu. Agrotekbis. 2015. Vol. 3. No. 6. P. 1–6.

11. Karo B.B., Marpaung A. E. Effectivity of Potassium and Fish Fertilizer on

Слободяник Г. Я.

Leek Growth (*Allium fistulosum* L.). Journal of Tropical Horticulture. 2020. Vol. 3. No.1. P. 23–28.

doi:

<http://dx.doi.org/10.33089/jthort.v3i1.41>.

12. Aisha A.H., Rizk F.A., Shaheen A.M., Abdel-Mouty M.M. Onion plant growth, bulbs yield and its physical and chemical properties as affected by organic and natural fertilization. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 2007. Vol. 3(5). P. 380–388.

13. Rizk F. A., Shaheen A.M., Abd El-Samad E.H., El-Labban T.T. Response of onion plants to organic fertilizer and foliar spraying of some micro-nutrients under sandy soil conditions. J. of Applied Sci. Res. 2014. Vol. 10(5). P. 383–392.

14. Парамонова Т. В., Ходєєва Л. П. Ефективність систем удобрення цибулі ріпчастої в овоче-кормовій зрошуваній сівозміні лівобережного Лісостепу України. Овочівництво і баштанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2016. Вип. 62. С. 228–237.

15. Vosátka M., Látr A., Albrechtova J. Bioadditives for vegetables growth optimization in protected cultivation. Acta Horticulturae. 2015. V. 1107. P. 149.

16. Karpenko V., Slobodyanyk G., Ulianych O., Schetyna S., Mostoviak I., Voitsekhovskiy V. Combined application of microbial preparation, mineral fertilizer and bioadhesive in production of leek. Agronomy Research. 2020. № 18(1). P. 148–162. <https://doi.org/10.15159/AR.20.014>.

17. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Х.: Основа, 2001. 369 с.

18. ДСТУ 7847:2015 Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. Чинний від 2016-07-01. Київ: УкрНДНЦ, 2016. 12 с.

19. Тимчук І. С. Агроекологічна оцінка капсульованих мінеральних добрив в умовах заходу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 03.00.16. Львів, 2016. 18 с.

20. Demyanyuk O.S., Sherstoboeva O.V., Bunas A.A., Dmitrenko O.V. Effects of different fertilizer systems and hydrothermal

factors on microbial activity in the chernozem in Ukraine. Biosystems diversity. 2018. Vol. 26(4). P. 309–315.

21. Центи́ло Л. В. Нітрифікаційна здатність ґрунту залежно від обробітку ґрунту і удобрення. Актуальні питання сільськогосподарської мікробіології: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. (м. Чернігів, 4–5 вересня 2019 р.). Чернігів, 2019. С. 92–95.

22. Вожегова Р.А., Люта Ю.О., Малишев В.В. Вплив підживлення комплексними водорозчинними добривами на врожайність томата та цибулі ріпчастої на краплинному зрошенні. Зрошуване землеробство. 2014. Вип. 61. С. 25–27.

23. Rumpel J., Kaniszewski S., Dyśko J. Effect of drip irrigation and fertilization timing and rate on yield of onion. Journal of Vegetable Crop Production. 2008. № 9. [https://doi.org/10.1300/J068v09n02\\_08](https://doi.org/10.1300/J068v09n02_08).

24. Serana T.H., Srikrishnah S., Ahmad M.M.Z. Effect of different levels of inorganic fertilizers and compost as basal application of the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). J. of Agric. Sci. 2010. Vol. 5(2). P. 64–70.

25. Koca I., Tasci B. Mineral composition of leek. Acta Hort. 2016. V. 1143. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1143.21>.

26. Kučová L., Kopta T., Sečara A., Pokluda R. Controlling nitrate and heavy metals content in leeks (*Allium porrum* L.) using arbuscular mycorrhizal fungi inoculation. Polish Journal of Environmental Studies. 2018. Vol. 27 (1). P. 137.

27. Petrovic B., Pokluda R. Influence of organic fertilizers on onion quality. Polish Journal of Environmental Studies. 2020. Vol. 29(1). P. 517–523.

## References

1. Zelendin, Yu. D. (2009). *Techniques and elements of the resource-saving technology of onion cultivation in the left-bank forest-steppe of Ukraine under irrigation* (Doctoral thesis, Institute of Vegetable and Melon Growing of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences, Kharkiv, Ukraine).

2. Romaschenko, M.I., Faybyshenko, B.O., Saydak, R.V., Shevchenko, A.M., Usatiy, S.V., Musica, O.P. (2024). The impact of climate change on the state and prospects of

Слободяник Г. Я.

providing water resources for post-war restoration of irrigation and drainage systems in Ukraine. In *Collection of theses of the XII International Scientific and Practical Conference "Water for Peace"* (pp.109-112). Kyiv: Institute of Water Problems and Reclamation of the National Academy of Sciences.

3. Boyko, L.O. (2020). Modern trends in the development of the vegetable industry in the conditions of the European integration of Ukraine. *Agroworld*, 6, 69-76. doi: 10.32702/2306-6792.2020.6.69.

4. Kornienko, S.I., Honcharenko, V.Yu. (Ed). (2014) *Fertilization of vegetable and melon crops*. Vinnytsia: Nilan-LTD.

5. Bilera, N. (2018). Fertigation – an innovative approach to crop fertilization. *Agronomist*, 12.07. <https://www.agronom.com.ua/fertygatsiya-innovatsijnyj-pidhid-do-udobrennya-kultur>.

6. Gotvyanska, A.S., Nesterenko, A.A. (2020). Comparative assessment of the method of irrigation and application of fertilizers on the growth and development of onion plants. In *The state and prospects of the development and implementation of resource-saving, energy-saving technologies for growing agricultural crops: coll. theses add. international science and practice conference* (pp.50-53). Dnipro: Dnipro State Agrarian and Economic University.

7. Romaschenko, M.I. (2010). Onion. Technology of growing on drip irrigation. Kherson: Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Sciences.

8. Al-Fraihat, Ahmad, H. (2016). Impact of different fertilizer sources on vegetative growth, yield, quality and storability of onion. *International Invention Journal of Agricultural and Soil Science*, 4(1), 1-8.

9. Guerrero, C., Faleiro Leonor, M., Pita, P., Beltrão, J., Brito, J. (2006). Inorganic and organic fertilization of "leeks" cultivated in pots: yield, plant mineral content and microbial quality. *European Water*, 11/12, 9-16.

10. Uke, Y., Henry, B., Ichwan, S. Madauna, K. (2015). Pengaruh Ukuran Umbi Dan Dosis Kalium Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Produksi Bawang Merah (*Allium ascalonicum L.*) Varietas Lembah Palu. *Agrotekbis*, 3(6), 1-6.

11. Karo, B.B., Marpaung, A. E. (2020). Effectivity of Potassium and Fish Fertilizer on Leek Growth (*Allium fistulosum L.*). *Journal of Tropical Horticulture*, 3(1), 23-28. doi: <http://dx.doi.org/10.33089/jthort.v3i1.41>.

12. Aisha, A.H., Rizk, F.A., Shaheen, A.M., Abdel-Mouty, M.M. (2007). Onion plant growth, bulbs yield and its physical and chemical properties as affected by organic and natural fertilization. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(5), 380-388.

13. Rizk, F. A, Shaheen, A.M., Abd El-Samad, E.H., El-Labban, T.T. (2014). Response of onion plants to organic fertilizer and foliar spraying of some micro-nutrients under sandy soil conditions. *J. of Applied Sci. Res.*, 10(5), 383-392.

14. Paramonova, T.V., Khodeyeva, L.P. (2016). Effectiveness of onion fertilization systems in vegetable-forage irrigated crop rotation of the left-bank Forest-steppe of Ukraine. *Vegetable growing and melon growing: interdepartmental thematic scientific collection*, 62, 228-237.

15. Vosátka, M., Látr, A., Albrechtova, J. (2015). Bioadditives for vegetables growth optimization in protected cultivation. *Acta Horticulturae*, 1107, 149.

16. Karpenko, V., Slobodyanyk, G., Ulianych, O., Schetyna, S., Mostoviak, I., Voitsekhovskiy, V. (2020). Combined application of microbial preparation, mineral fertilizer and bioadhesive in production of leek. *Agronomy Research*, 18(1), 148-162. <https://doi.org/10.15159/AR.20.014>

17. Bondarenko, H.L., Yakovenko, K. I. (Ed.) (2001). *Methods of research in vegetable growing and melon growing*. Kh.: Osnova.

18. UkrRTC. (2016). *Soil quality. Determination of the number of microorganisms in the soil by the method of sowing on a solid (agarized) nutrient medium* (state standard technical conditions 7847:2015).

19. Tymchuk, I. S. (2016). *Agroecological evaluation of encapsulated mineral fertilizers in the conditions of western Ukraine* (Doctoral thesis, Lviv National Agrarian University, Lviv, Ukraine).

20. Demyanyuk, O.S., Sherstoboeva, O.V., Bunas, A.A., Dmitrenko, O.V. (2018).

Слободяник Г. Я.

Effects of different fertilizer systems and hydrothermal factors on microbial activity in the chernozem in Ukraine. *Biosystems diversity*, 26(4), 309-315.

21. Centylo, L. V. (2019). The nitrification capacity of the soil depending on soil cultivation and fertilization. *Current issues of agricultural microbiology: materials of the All-Ukrainian scientific and practical internet conference* (pp. 92-95). Chernihiv: Institute of Agricultural Microbiology and Agro-Industrial Production.

22. Vozhegova, R.A., Lyuta, Yu.O., Malyshev, V.V. (2014). The effect of fertilizing with complex water-soluble fertilizers on the yield of tomato and onion under drip irrigation. *Irrigated Agriculture*, 61, 25-27.

23. Rumpel, J., Kaniszewski, S., Dyśko, J. (2008). Effect of drip irrigation and fertilization timing and rate on yield of onion.

*Journal of Vegetable Crop Production*. 9. 10.1300/J068v09n02\_08.

24. Serana, T.H., Srikrishnah, S., Ahmad, M.M.Z. (2010). Effect of different levels of inorganic fertilizers and compost as basal application of the growth and yield of onion (*Allium cepa L.*). *J. of Agric. Sci.*, 5(2), 64-70.

25. Koca, I., Tasci, B. (2016). Mineral composition of leek. *Acta Hort.*, 1143. doi 10.17660/ActaHortic.2016.1143.21.

26. Kučová, L., Kopta, T., Sękara, A., Pokluda, R. (2018). Controlling nitrate and heavy metals content in leeks (*Allium porrum L.*) using arbuscular mycorrhizal fungi inoculation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(1), 137.

27. Petrovic, B., Pokluda, R. (2020). Influence of Organic Fertilizers on Onion Quality. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(1), 517-523.

## PRODUCTIVITY OF LEEKS DEPENDING ON THE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND SOIL BIOPREPARATION IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

H. Ya. Slobodanyk

**Abstract.** *Providing consumers with high-quality vegetables and preserving soil fertility requires the rational use of fertilizers. Growing vegetable plants on drip irrigation significantly increases their yield, but requires additional research to determine the most effective fertilization. Combined mineral fertilization of leeks with soil biological preparation improves plant assimilation and the composition of the rhizosphere microbiota. The aim of this study is to identify effective combinations of leek fertilization for drip irrigation. The variants of the two-factor experiment were: factor A – soil biological preparation Grandfix and factor B – mineral fertilizers DripFert –  $N_{20}P_{20}K_{20}$ ,  $N_{40}P_{10}K_{10}$ ,  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$ ,  $N_{40}P_{10}K_{10} + N_{10}P_{10}K_{40}$ , control variant – without fertilization. Field, laboratory, and mathematical and statistical research methods were used to record data and analyze the results.*

*After fertilizing with mineral fertilizers alone, the share of nitrogen-fixing bacteria was 11–19%, and combined with Grandfix it increased to 37–39%. According to the dynamics of leek leaf mass formation, the advantage of combined fertilization with mineral fertilizer and Grandfix was noted. Within factor B, the largest leaf area was after fertilizing with  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$  – 19.12 ths. m<sup>2</sup> per hectare.*

*Factor A (Grandfix) accounts for 32% of leeks' marketable yield, and factor B (mineral fertilizer) for 60%, but the effect of their interaction is unreliable. Depending on mineral fertilizers, the yield was lower when using  $N_{20}P_{20}K_{20}$ . and  $N_{40}P_{10}K_{10}$ . The maximum level of marketable yield was with the combined fertilization of Grandfix +*

Слободяник Г. Я.

$N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40} - 35.3$  t/ha. The application of mineral fertilizer  $N_{10}P_{10}K_{40}$  has a positive effect on the content of sugars and ascorbic acid. Thus, to optimize the nutritional regime of leeks under drip irrigation, it is advisable to apply the soil biological preparation Groundfix and the mineral fertilizers  $N_{20}P_{20}K_{20} + N_{10}P_{10}K_{40}$  combined. Intensive fertilization is a classic measure to increase the productivity of vegetable plants under irrigation.

**Key words:** leek, mineral fertilizers, Groundfix, additional fertilizing

**How to Cite:** Slobodianyuk, H. (2024). Productivity of leeks depending on the application of mineral fertilizers and soil biopreparation in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.007](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.007)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГРУНТОВИХ ГЕРБІЦИДІВ НА ПОСІВАХ СОНЯШНИКУ

**В. О. ГУРТОВЕНКО**, здобувач наукового ступеня доктора філософії  
зі спеціальності 201 «Агрономія», [orcid.org/0000-0002-9719-6374](https://orcid.org/0000-0002-9719-6374)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**О. А. ЦЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор,  
[orcid.org/0000-0001-8789-522X](https://orcid.org/0000-0001-8789-522X)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: [vlad.gurtovenko@ukr.net](mailto:vlad.gurtovenko@ukr.net)

[https://doi.org/10.31548/dopovid.3\(109\).2024.008](https://doi.org/10.31548/dopovid.3(109).2024.008)

***Анотація.** Підбір оптимальної схеми захисту посівів соняшнику є завжди актуальним, оскільки захист посівів від бур'янів є дуже важливим та має безпосередній вплив на продуктивність культури. Метою є встановлення впливу ґрунтових гербіцидів на забур'яненість посівів соняшнику. Визначення ефективності різних варіантів гербіцидного захисту. Застосовані матеріали та методи: польовий дослід, лабораторний, аналіз, обробка та узагальнення даних. Подано результати застосування різних варіантів гербіцидного захисту на урожайність соняшнику правобережного Лісостепу України. Визначено, що дослідні ділянки мали малорічний тип забур'яненості та середній ступінь забур'янення. Серед хімічного захисту зафіксовану найкращу ефективність за використання ґрунтового гербіциду Челендж у нормі 5 л/га, ефективність порівняно з контролем склала 86,7 %. Варто зауважити, що ефективність на еталонному гербіциді Примекстра TZ Голд у нормі 4,5 л/га склала 69,7 %. Рівень знищення сегетальної рослинності на інших варіантах застосування гербіцидів становила від 65,8 % до 78,9 % через 14 діб після внесення. Застосування препарату Челендж в нормі 2,5 л/га сумісно з Прометрекс, Рейсер і Аспект Про ефективність виявилась середньою і коливалася у межах (61,0 – 55,3%). Зменшення норми внесення препарату Челендж – 2,5 л/га у бакових сумішах привело до зростання дводольних бур'янів. Встановлено, що найбільшу врожайність 3,8 т/га має варіант із застосування ґрунтового гербіциду Челендж з нормою 5,0 л/га. У порівнянні із контролем фіксується приріст в розмірі 0,6 т/га. Істотно нижчий рівень урожайності соняшнику одержано за внесення бакових сумішей прометрекс – 1,5 л/га + Аспект Про – 2,0 л/га і Рейсер – 1,5 л/га + Аспект Про – 2,0 л/га. Перспективним напрямком для наступних досліджень є вивчення впливу гербіцидного захисту на продуктивність соняшнику, та ефективність сегетальної рослинності.*

***Ключові слова:** продуктивність, гербіциди, бур'яни, хімічний захист, агроценоз*

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

**Актуальність.** На теренах України соняшник виступає основною олійною культурою. Олійність цієї культури може складати більше 50 %, відповідно в Україні виробництво олії з загального об'єму припадає 98 % на соняшник (Gutyanskyi et. al., 2021).

Одним із важливих чинників, які мають вплив на врожайність соняшнику є бур'яни. Цей фактор має суттєвий вплив та може знизити урожайність до 70 % (Zuza, 2022). Ці об'єкти контролюються механічними та хімічними способами. Проте механічний контроль не завжди може вирішити повністю проблему забур'яненості (Norkulov et. Al., 2023).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Найбільш поширеним серед виробників є хімічний метод контролю сеgetальної рослинності. Соняшник має свій гербокритичний період, який становить до 50 днів. Цей період в онтогенезі триває від сходів до утворення кошика. Проте, варто відмітити, що саме період від сходів до 3 листків є найбільш критичним. За рахунок того що соняшник висівається широкорядним способом сівби, він є вразливий до бур'янів (Navryliuk & Matsai, 2019; Rudska, 2021).

За період вирощування соняшнику слід враховувати біологічні, технологічні та фізіологічні особливості культури. На початковому етапі вегетації рослина

вимагає максимально надійного захисту від бур'янів за рахунок її мінімальної конкуренції. Гербокритичний період соняшнику триває 40-50 днів, який триває від з'явлення сходів до утворення кошиків. Довготривалий гербокритичний період зумовлений значно повільним зростанням соняшнику на початковому періоду вегетації, що пояснюється широкорядним посівом створені сприятливі умови для проростання насіння бур'янів у ґрунті (Babenko, 2017; Iqbal, et. al., 2018).

Перш за все для підбору правильної схеми захисту від бур'янів потрібно знати історію поля, а саме які бур'яни переважають. Для контролювання однорічних злакових та дводольних сеgetальних рослин в основному використовують ґрунтові гербіциди з діючими речовинами оксифлуорфен, тербутилазин, ацетохлор, тербутилазин, прометрин, пендиметалін, S-метолахлор, пропізохлор та їх суміші (Rudik, et. al., 2020).

Згідно останніх досліджень відомо, що кількість вологи в ґрунті має вплив не тільки на врожайність і якість культури, а і на дію ґрунтових гербіцидів, оскільки вони потребують достатніх опадів для оптимальної їх дії (Rudik, et. al., 2020).

**Мета дослідження** – встановити вплив ґрунтових гербіцидів на рівень забур'яненості агроценозів соняшнику.

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

### Матеріали і методи досліджень.

Дослідження проводили упродовж 2022-2023 рр. правобережного Лісостепу у ПП "ШАНС" Черкаської області.

Ґрунт дослідної ділянки чорнозем типовий малогумусний. Згідно аналізу в 0-30 см шарі ґрунту міститься: гумусу – 2,1-2,3 % гумусу, легкогідролізованого азоту – 10,3-11,5 мг/кг; рухомого фосфору – 153,1-160,3 мг/кг; рухомого калію – 130-140 мг/кг; рН 6,7-6,8. Попередник – кукурудза на зерно. Гібрид, який вирощувався у дослідження НК Конді, для якого характерна традиційна технологія вирощування. Варто зауважити, що даному досліді з хімічного захисту застосовувались тільки ґрунтові гербіциди, інших обробіток не проводилось.

Дослід мав такі схеми захисту: 1) без гербіцидів (контроль); 2) примекстра TZ Голд (312,5 г/л S-метолахлору, 187,5 г/л тербутилазин) – 4,5 л/га; 3) рейсер (флуорохлоридон, 250 г/л) – 3,0 л/га; 4) челендж (аклоніфен, 600 г/л) – 5,0 л/га; 5) прометрекс (прометрин, 500 г/л) – 1,5 л/га+ Рейсер (флуорохлоридон, 250 г/л) – 1,5 л/га; 6) челендж (аклоніфен, 600 г/л) – 2,5 л/га + Прометрекс (прометрин, 500 г/л) – 1,5 л/га; 7) челендж (аклоніфен, 600 г/л) – 2,5 л/га + Рейсер (флуорохлоридон, 250 г/л) – 1,5 л/га; 8) челендж (аклоніфен, 600 г/л) – 2,5 л/га + Аспект Про (тербутилазин, 333 г/л + флуфенацет, 200 г/л) – 2,0 л/га; 9) прометрекс

(прометрин, 500 г/л) – 1,5 л/га + Аспект Про (тербутилазин, 333 г/л + флуфенацет, 200 г/л) – 2,0 л/га; 10) рейсер (флуорохлоридон, 250 г/л) – 1,5 л/га + Аспект Про (тербутилазин, 333 г/л + флуфенацет, 200 г/л) – 2,0 л/га; 11) прометрекс (прометрин, 500 г/л) – 3,0 л/га; 12 – ручне прополювання;

Роки досліджень були різними за метеорологічними умовами. Так, у квітні 2022 р. кількість опадів перевищила багаторічну норму на 38,4, у травні кількість опадів випала менша за багаторічну норму на 16,1 мм, а середньодобова температура повітря виявилася нижчою за багаторічну відповідно на 0,5 і 0,2 °С. У червні середньодобова температура повітря виявилася вищою за норму на 3,8 °С, а кількість опадів – меншою за норму на 30,5 мм. Середньодобова температура повітря липня і серпня була більше норми на 1,8 і 4,0 °С відповідно, у вересні нижча на 1,0 °С. Кількість опадів у серпні і вересні перевищила норму відповідно на 35,4 і 62,1 мм.

Середньодобова температура повітря у квітні і травні 2023 р. виявилася більшою за оптимальний рівень на 1,2 і 1,3 °С відповідно. Кількість опадів у квітні перевищувала норму на 94,5 мм, а в травні вона була значно меншою за багаторічну норму на 29,4 мм. Середньодобова температура повітря у червні, липні, серпні і вересні виявилась на 1,7; 2,5; 5,4 і 5,0 °С більшою за норму. У червні і серпні

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

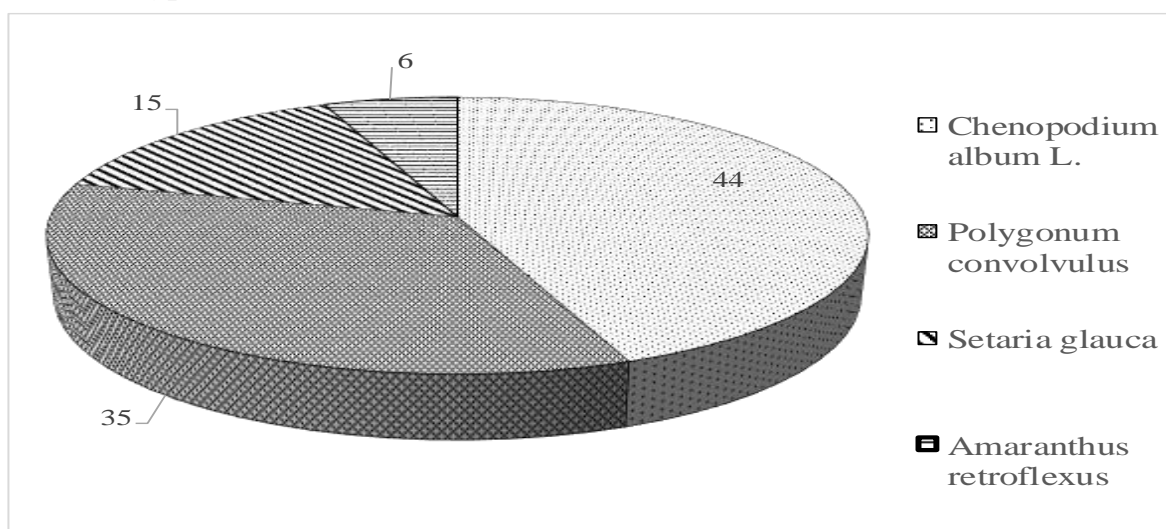
опадів випало значно менше відповідно на 9,7 і 33,0 мм від багаторічної норми, а у липні і вересні цей показник перевищив норму відповідно на 23,7 і 15,6 мм.

Загалом за кількістю опадів вегетаційний період 2022-2023 рр. можна охарактеризувати як достатньо зволожений. За весняно-літній період відмічено перевищення середньодобових температур повітря, порівняно із середньобагаторічними показниками.

Загальна площа дослідної ділянки 18 м<sup>2</sup>, облікова 12,5 м<sup>2</sup>, повторність досліду триразова, ділянки розміщені рандомізовано. Експериментальні дослідження проводили згідно з методикою польового досліду (Ermantraut, et. Al., 2018). Забур'яненість посівів

обліковували на 14 і 40 день після внесення гербіцидів кількісним методом з визначенням видового складу бур'янів на фіксованих майданчиках розміром 50\*50 см або 0,25 м<sup>2</sup> (Ermantraut, et. Al., 2018).

**Результати дослідження та його обговорення.** За роки досліджень біологічний тип забур'яненості на час сівби соняшника був різний (рис. 1). Наведена діаграма свідчить про мало річний тип забур'яненості, головним чином – це пізні ярі – 65 %, ярі ранні – 35 %. Видовий склад представлений переважно лободою білою (*Chenopodium album*), мишієм сизим (*Setaria glauca*), гречкою виткою березковидною (*Polygonum convolvulus*) та щирцею звичайною (*Amaranthus retroflexus*).



**Рис. 1. Видовий склад бур'янів у посівах соняшника**

Найбільшу частку бур'янового компоненту займала лобода біла (*Chenopodium album*), що займало 44 % від загальної кількості. Частка гірчака берізковидного (*Polygonum*

*convolvulus* L.) становила 35 % від усього бур'янового компоненту, а мишію сизого (*Setaria glauca*) – 15 %. У структурі бур'янової синузії

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

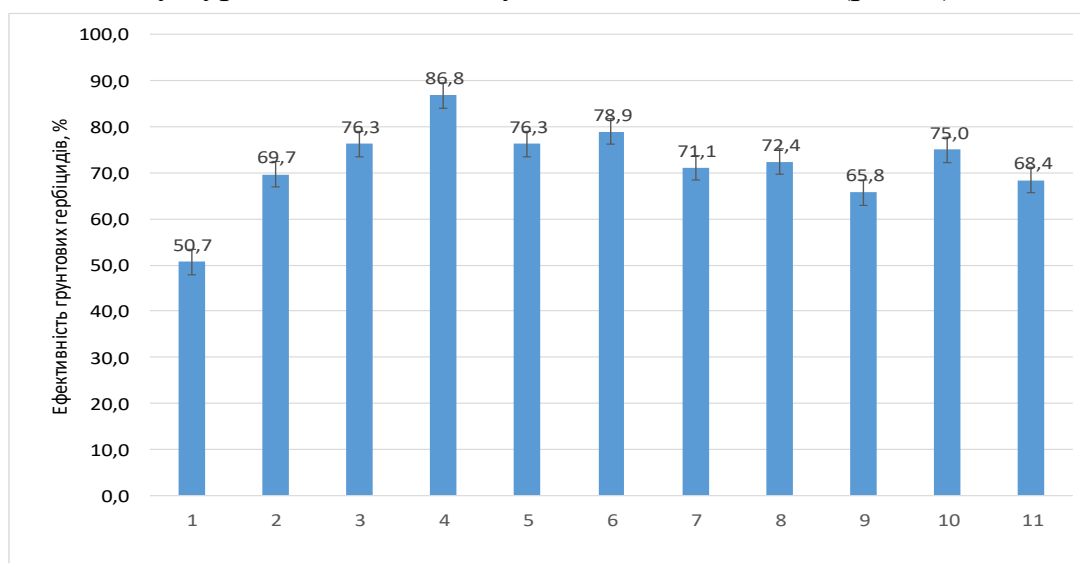
проблемними видами є малорічні дводольні – 85%, однодольні – 15%.

Основними засмічувачами посівів соняшнику в Правобережному Лісостепу України є малорічні односім'ядольні та двосім'ядольні бур'яни (94 %). Серед малорічних бур'янів основну питому масу мають ярі пізні – щиряця звичайна та плоскуха звичайна. Серед ярих ранніх перевага належить лободі білій. Відзначено, що критичний період конкуренції між соняшником і бур'янами залежить від забур'яненості, довжини вегетаційного періоду та тривалості конкурентних відносин. Встановлено, що найбільш істотно на урожайність соняшнику впливають бур'яни, коли вони присутні перші 60 днів після з'явлення сходів культури. За присутності бур'янів у агроценозі упродовж 20 днів після сходів соняшнику урожайність знижується

на 11 %, а 60 днів після сходів – 41 % (Babenko, 2017).

На думку Зузи В. С., дуже розповсюдженими у посівах соняшника є злакові однорічні бур'яни та падалиця проса посівного (*Panicum miliaceum* L.). Друге місце за масою та третє за кількістю серед бур'янів належить дводольним багаторічним видам. Різноманітністю видового складу виділяються дводольні малорічні бур'яни, серед яких найбільш шкідливими є ярі види. У агроценозах соняшнику виявлено близько 50 видів бур'янів, з яких найбільш чисельними є плоскуха звичайна, мишій сизий та щиряця звичайна (Zuza, et. al., 2022).

Грунтові гербіциди вносили в ґрунт відразу після сівби соняшника. Облік бур'янів через 14 днів після внесення відзначено високу їх ефективність на усіх ділянках внесення (рис. 2).



**Рис. 2 Ефективність дії ґрунтових гербіцидів через 14 днів після їхнього внесення, %.**

Примітка: (на контролі чисельність бур'янів представлена в шт/м<sup>2</sup>, а на варіантах – % зменшення до контролю, нумерація варіантів відповідно до схеми досліджу).

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

Так, рівень знищення бур'янів на ділянках дослідів коливався від 86,8 % до 65,8 %. Гербіцид групи аклоніфен (челендж 5,0 л/га) забезпечив більш високий рівень знищення бур'янової синузії у порівнянні з іншими варіантами. Однак, застосування Челендж – 2,5 л/га сумісно з Прометрекс – 1,5 л/га ефективність бакової суміші зменшилась, що

становить 78,9%. Застосування Челендж з нормою 2,5 л/га сумісно з Рейсер з нормою 1,5 л/га значно знизило ефективність проти дводольних бур'янів.

Облік бур'янів через 40 діб після внесення ґрунтових гербіцидів (рис. 3) показав, що загальна забур'яненість достатньо висока – за рахунок появи пізніх ярих бур'янів.



**Рис. 3 Ефективність дії ґрунтових гербіцидів через 40 діб після їхнього внесення, %.**

Примітка: (на контролі чисельність бур'янів представлена в шт/м<sup>2</sup>, а на варіантах – % зменшення до контролю, нумерація варіантів відповідно до схеми дослідів).

Слід зазначити, що на варіантах застосування Челендж в нормі 2,5 л/га сумісно з Прометрекс, Рейсер і Аспект Про ефективність виявилась середньою і коливалась у межах (61,0 – 55,3%). Зменшення норми внесення препарату (Челендж, 2,5 л/га) у бакових сумішах привело до зростання дводольних бур'янів. Застосування препарату (Челендж, 5,0 л/га) сприяло найбільшій

ефективності контролю з бур'яновою синузєю.

Аналіз бур'янового угруповання на час збирання соняшника показав, що домінуючим видом є лобода біла, щиряця звичайна. На цей період популяція однодольних бур'янів (куряче просо) складалася виключно із молодих рослин висотою до 10 см, які істотно на продуктивність культури не впливали.

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

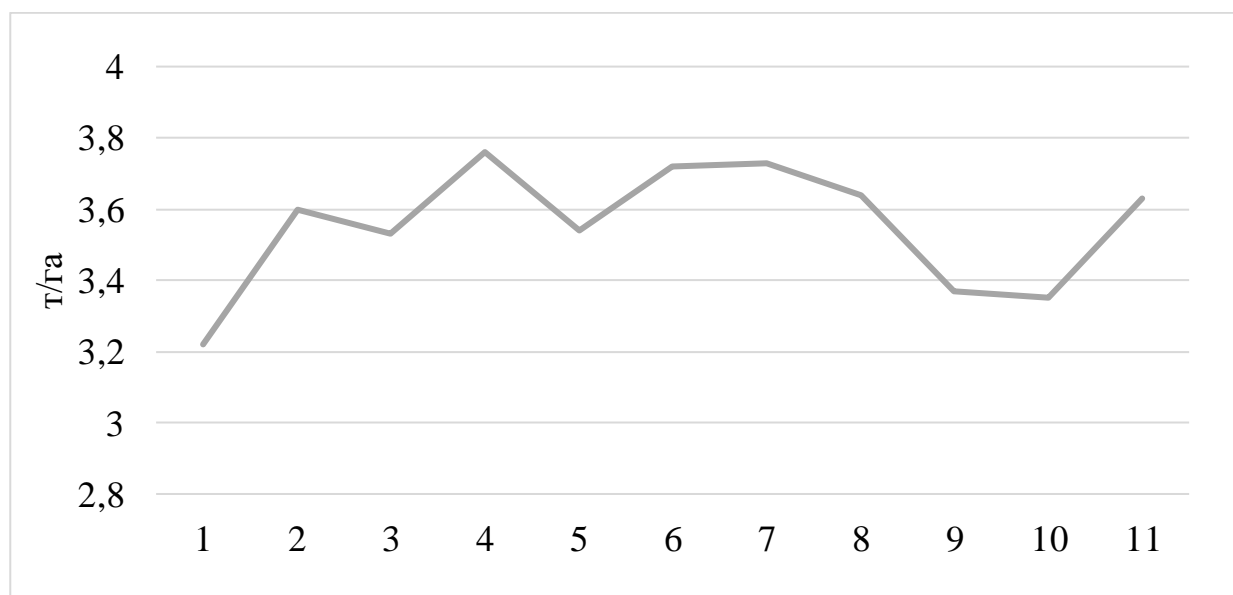
Клас забур'янення залишкового угруповання на усіх ділянках – двосім'ядольний.

Аналізуючи динаміку загальної забур'яненості агроценозів соняшнику упродовж вегетації слід відмітити, що рівень контролю бур'янів за застосування гербіциду Челендж, 5,0 л/га збільшувався із зростанням норми внесення препарату порівняно з ділянками застосування Челендж, 2,5 л/га у бакових сумішах. Варто зауважити,

що ознаки фітотоксичності рослин соняшнику не спостерігали.

У другій половині вегетації, відбулася тенденція до зростання рівня присутності бур'янів. Фітоценотичний вплив соняшнику і конкурентна боротьба між бур'янами здійснювали пригнічення росту і розвитку бур'янового компоненту.

Ступінь очищення агроценозів ґрунтовими гербіцидами від бур'янів вплинули на урожайність соняшника (рис. 4).



**Рис. 4. Урожайність соняшника залежно від застосування ґрунтових гербіцидів, т/га**

Примітка: (нумерація варіантів відповідно до схеми дослід, НІР<sub>05</sub>–0,15 т/га).

Найвища урожайність була на ділянці де вносили гербіцид Челендж в нормі 5,0 л/га, вона становила 3,8 т/га, що на 0,6 т/га більше за контроль. Ефективним було внесення сумішей гербіцидів (Челендж – 2,5 л/га + Прометрекс – 1,5 л/га і челендж – 2,5 л/га + Рейсер – 1,5 л/га урожайність на цих ділянках становила по 3,7 т/га, що

на 0,5 т/га більше, ніж на ділянці без гербіцидів.

Істотно нижчий рівень урожайності соняшника одержано за внесення бакових сумішей прометрекс – 1,5 л/га + Аспект Про – 2,0 л/га і Рейсер – 1,5 л/га + Аспект Про – 2,0 л/га.

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

**Обговорення.** Результати досліджень свідчать, що за застосування ґрунтових гербіцидів не спостерігали пошкодження рослин сояшнику, і ці результати розходять з оцінкою, виконаною (Brighenti, et al, 2000), які спостерігали пошкодження рослин за обробки препаратами діючою речовиною сульфентразоном (350 г/л) перед сходами сояшнику. В інших дослідках (Inoue et al, 2019) також спостерігали рівні ураження рослин із застосуванням препаратів діючою речовиною S-метолахлором (1920 г/л) і сульфентразоном (600 г/л) проте у наших дослідках за застосування примекстри TZ Голд S-метолахлору (312,5 г/л) не спостерігали пошкоджених рослин сояшнику.

Дослідження (В. М. Григор'єв, А. Р. Федчук, 2021) у Західному Лісостепу встановлено, що система захисту Челендж 2 л/га + прилипач Метро® (1,0 л/га) у фазі 2–4 листків сояшнику, Фюзілат Форте (1,0 л/га) виявилась найбільш ефективною у контролі бур'янів 92,8 %. Результати наших досліджень засвідчили високу гербіцидну активність по відношенню до бур'янів проявив гербіцид Челендж в нормі 5 л/га, ефективність становила 75,2%.

### Список використаних джерел

1. Бабенко А.І. Вплив забур'яненості на урожай та якість насіння сояшнику. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і

Негативний вплив на продуктивність сояшнику здійснювався на початку росту і розвитку культури. У цей період погодні умови можуть впливати на з'явлення бур'янів, що призводить до значно меншої конкуренції рослин на час критичного періоду. Бур'яни можуть бути великою проблемою і вплинути на врожайність сояшнику якщо їх не контролювати. Отже ефективний контроль з бур'янами до сходових заходів контролю, мають велике значення для оптимального росту та одержання врожаю сояшнику.

**Висновки:** Згідно з результатами проведених досліджень встановлено, що досходово найкраще проконтролювало сегетальну рослину агроценозів сояшника застосування гербіциду Челендж, 5 л/га. Ефективність цього препарату становить 87 % на 14 день і 75 % через 40 діб після внесення гербіциду порівняно з контролем. Найвища урожайність сояшника зазначена за внесення гербіциду Челендж, 5,0 л/га. Подальші дослідження слід спрямувати на детальне вивчення впливу ґрунтових і наземних гербіцидів на забур'яненість посівів сояшника в умовах зернопросапної сівозміни.

природокористування України. Серія : Агрономія. 2017. № 2(69). С. 90-98.

2. Гаврилюк Ю., Мацай Н. Шкодоцидність бур'янів у посівах сояшнику в умовах Лівобережного Степу України. Вісник Львівського національного

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

аграрного університету. Агрономія. 2019. № 23. С. 61-66. <https://DOI://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.061>.

3. Гутянський Р. А., Попов С. І., Костромітін В. М., Кузьменко Н. В., Глибокий О. М. Вплив основного обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів соняшнику. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2021. Вип. 1. С. 60-68. [https://DOI:10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)-8](https://DOI:10.31521/2313-092X/2021-1(109)-8)

4. Зуза В. С. Гербологія. Монографія. Харків: Стиль-Издат, 2022. 468 с.

5. Зуза В. С., Шевченко М. В., Гутянський Р. А., Кузьменко Н. В. Ґрунтові гербіциди в посівах соняшнику в умовах східного Лісостепу України. Фітосанітарна безпека. 2022. Вип. 68. С. 98-113. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.98-113>

6. Ермантраут Е. Р., Карпук Л. М., Вахній С. П. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник: навч. посіб. Біла Церква, 2018. 104 с.

7. Рудік О. Л., Лавренко С. О., Лавренко Н. М., Рудік Н. М. Регулювання присутності бур'янів в сучасних агрофітоценозах. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 100 с.

8. Norkulov U., Ahmurzayev S., Nasirov B., Shodmanov M., Tukhtashev B., Eshonkulov J. Effectiveness of the application of herbicides against pests in sunflower fields. E3S Web of Conferences. 2023. 421, 02004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342102004>

9. Iqbal H., Yaning C., Waqas M., Shareef M. & Raza S.T. Differential response of quinoa genotypes to drought and foliage-applied H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in relation to oxidative damage, osmotic adjustment and antioxidant capacity. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018. № 164. P. 344-354. <https://doi:10.1016/j.ecoenv.2018.08.004>

10. Rudska N. O. Influence of technological techniques and improvement of the system of protection of sunflower crops from weeds. Agricultural Sciences. 2021. 16(103). P. 22-26. <https://DOI:10.24412/2520-6990-2021-16103-22-30>

11. Григор'єв В. М., Федчук А. Р. Ефективність гербіцидів у посівах

соняшнику в умовах Західного Лісостепу України. Новітні агротехнології. 2021. №9. <https://doi:10.47414/na.9.2021.256290>

12. Brighenti, A.M.; Gazzlero, D.L.P.; Oliveira, M.F.; Voll, E.; Pereira, J.E. Weed control in sunflower on clay textured soil. *Rev. Bras. Herbic.* 2000, 1, 85. <https://doi.org/10.7824/rbh.v1i1.321>

13. Inoue, M.H.; Novais, J.; Silva, J.B.; Mendes, K.F.; Maciel, C.D.G.; Neto, J.C.S. Selectivity of pre-emergence herbicides in two sunflower cultivars. *Amazon. J. Agric. Environ. Sci.* 2019, 62, 1-7.

## References

1. Babenko, A.I. (2017). The effect of weediness on the yield and quality of sunflower seeds. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Agronomy*, 269, 90-98.

2. Havryliuk, Yu., Matsai, N. (2019). Harmfulness of weeds in sunflower crops in the conditions of the Left Bank Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Lviv National Agrarian University. Agronomy*. 23. 61-66. <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.061>

3. Gutyanskyi, R.A., Popov, S.I., Kostromitin, V.M., Kuzmenko, N.V., & Hlubokyi, O.M. (2021). The effect of main tillage and fertilization on weediness of sunflower crops. *Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*. 1, 60-68. [https://DOI:10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)-8](https://DOI:10.31521/2313-092X/2021-1(109)-8)

4. Zuza V. S. (2022). *Herbolohiia. Monohrafiia*. Kharkiv: Styl-Yzdat, 468.

5. Zuza V.S., Shevchenko M.V., Gutyanskyi R.A., Kuzmenko N.V. (2022). Soil herbicides in sunflower crops in the conditions of the Eastern Forest Steppe of Ukraine. *Phytosanitary safety*. 68, 98-113.

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

<https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.98-113>

6. Ermantraut E.R., Karpuk L.M., & Vakhnii S.P. (2018). Methodology of scientific research in agronomy: study guide: education. manual Bila Tserkva.

7. Rudik O. L., Lavrenko S. O., Lavrenko N. M., Rudik N. M. (2020). Regulation of the presence of weeds in modern agrophytocenoses. Kherson: OLDI-PLUS.

8. Norkulov U., Ahmurzayev S., Nasirov B., Shodmanov M., Tukhtashev B., & Eshonkulov J. (2023). Effectiveness of the application of herbicides against pests in sunflower fields. *E3S Web of Conferences*. 421, 02004.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342102004>

9. Iqbal H., Yaning C., Waqas M., Shareef M. & Raza S.T. (2018). Differential response of quinoa genotypes to drought and foliage-applied H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in relation to oxidative damage, osmotic adjustment and antioxidant capacity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 164, 344-354.

<https://doi:10.1016/j.ecoenv.2018.08.004>

10. Rudska N. O. (2021). Influence of technological techniques and improvement of the system of protection of sunflower crops from weeds. *Agricultural Sciences*. 16(103), 22-26. <https://DOI:10.24412/2520-6990-2021-16103-22-30>

11. Hryhor'ev V. M., Fedchuk A. R. (2021). Effectiveness of herbicides in sunflower crops in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. The latest agricultural technologies. 9. <https://doi:10.47414/na.9.2021.256290>

12. Brighenti, A.M.; Gazzlero, D.L.P.; Oliveira, M.F.; Voll, E.; Pereira, J.E. (2000). Weed control in sunflower on clay textured soil. *Rev. Bras. Herbic.*, 1, 85. <https://doi.org/10.7824/rbh.v1i1.321>

13. Inoue, M.H.; Novais, J.; Silva, J.B.; Mendes, K.F.; Maciel, C.D.G.; Neto, J.C.S. (2019). Selectivity of pre-emergence herbicides in two sunflower cultivars. *Amazon. J. Agric. Environ. Sci.* 62, 1–7.

## EFFICIENCY OF APPLICATION OF SOIL HERBICIDES ON SUNFLOWER CROPS

V. O. Gurtovenko, O. A. Tsyuk

**Abstract.** *The selection of the optimal scheme for the protection of sunflower crops is always relevant, since the protection of crops from weeds is very important and has a direct impact on the productivity of the crop. The goal is to determine the effect of soil herbicides on weediness of sunflower crops. Determining the effectiveness of various options for herbicide protection. Applied materials and methods: field experiment, laboratory, analysis, processing and generalization of data. The results of the application of different options of herbicide protection on the yield of sunflower of the right-bank forest-steppe of Ukraine are presented. It was determined that the experimental plots had a small-year type of weeding and an average degree of weeding. Among chemical protection, the best efficiency was recorded when using the soil herbicide Challenge at the rate of 5 l/ha, the efficiency compared to the control*

Гуртовенко В. О., Цюк О. А.

was 86.7%. It is worth noting that the efficiency of the reference herbicide Primekstra TZ Gold at the rate of 4.5 l/ha was 69.7%. The level of destruction of segetal vegetation on other variants of herbicide use ranged from 65.8% to 78.9% 14 days after application. The use of the drug Challenge at the rate of 2.5 l/ha in combination with Prometrex, Racer and Aspect Pro showed average efficiency and ranged from (61.0 to 55.3%). A decrease in the application rate of the drug Challenge - 2.5 l/ha in tank mixtures led to the growth of dicotyledonous weeds. It was established that the highest yield of 3.8 t/ha has the option of using the soil herbicide Challenge with a rate of 5.0 l/ha. In comparison with the control, an increase of 0.6 t/ha is recorded. A significantly lower level of sunflower productivity was obtained with the introduction of tank mixes Prometrex - 1.5 l/ha + Aspect Pro - 2.0 l/ha and Racer - 1.5 l/ha + Aspect Pro - 2.0 l/ha. A promising direction for further research is the study of the impact of herbicide protection on sunflower productivity and the effectiveness of segetal vegetation.

**Keywords:** productivity, herbicides, weeds, chemical protection, agrocenosis

**How to Cite:** Gurtovenko, V., & Tsyuk, O. (2024). Efficiency of application of soil herbicides on sunflower crops. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.008](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.008)

ПОКРАЩЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ  
КУЛЬТУРНОЇ ФОРМИ БАКЛАЖАНА ЗА РАХУНОК ГІБРИДИЗАЦІЇ  
З ЛІНІЄЮ МІЖВИДОВОГО ПОХОДЖЕННЯ

**С. І. КОНДРАТЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник, завідувач відділом селекції і насінництва  
овочевих і баштанних культур

**О. В. СЕРГІЄНКО**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий  
співробітник, заступник директора з наукової роботи

**А. О. МАРУСЯК**, аспірант

*Інститут овочівництва і баштанництва НААН України*

E-mail: shtirlitsmail@gmail.com

[https://doi.org/10.31548/dopovid.3\(109\).2024.009](https://doi.org/10.31548/dopovid.3(109).2024.009)

**Анотація.** У результаті доместикації створювані сорти і гібриди  $F_1$  культурної форми баклажану (*Solanum melongena* L.) відзначаються низькою генетичною мінливістю та незадовільним адаптивним потенціалом за комплексом корисних для селекції кількісних ознак і тому потребують значного оновлення генетичної плазми за рахунок міжвидової гібридизації з іншими представниками роду *Solanum*. **Мета** – розширення генетичного різноманіття культурної форми баклажану (*Solanum melongena* L.) за рахунок гібридизації з лінією міжвидового походження, похідної від фертильного потомства гібриду  $F_1$  (*S. melongena* / *S. aethiopicum* Gilo group). **Методи.** Загальнонаукові, вимірні, зважувально-вагові, варіаційної статистики (розрахунок середньо квадратичного відхилення ( $\sigma$ ), коефіцієнту варіації ( $V$ )). **Результати.** У результаті гібридизації сортів і ліній культурної форми баклажану (*Solanum melongena* L.) з лінією міжвидового походження  $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)] створено гібридне покоління  $F_2$  та інцухт-покоління  $I_1$ , похідне від гібридів  $F_1$ , які за рівнями прояву цінних для селекції кількісних ознак мали стійку тенденцію до перевищення над сортом-стандартом Алмаз. Високою продуктивністю відзначився гібрид  $F_2$  (ViboF<sub>8</sub> /  $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)] ( $X_{med} = 1101,8$  г/росл.). Високим рівнем прояву ознак “кількість плодів на одній рослині” ( $X_{med} = 5,56$  шт.) і “середня маса плоду” ( $X_{med} = 263,1$  г) відзначився гібрид  $F_2$  ( $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)] / ViboF<sub>8</sub>). Порівняно із сортом-стандартом, цей же гібрид  $F_2$  виявив ознаки ранньої стиглості (на 2 доби) за тривалістю періоду від появи масових сходів до технічної стиглості плодів. У дослідженій вибірці різних потомств баклажану виділилися такі, у яких вже на другий рік доборів коефіцієнт варіації ( $V$ ) не перевищував межю 33,33 %, що, згідно теорії статистичного аналізу, є критерієм генетичної стабілізації відповідної кількісної ознаки на рівні сортової популяції рослин. Згідно даного критерію, за ознакою “кількість плодів на одній рослині” виділилися зразки  $F_1$  (с. Айсберг /  $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)] $I_1$  та  $F_1$  ( $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)] / ViboF<sub>8</sub>) $I_1$ , за ознакою “середня маса плоду” –  $F_2$  (Long Violet /  $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 /

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

с. Алмаз]), за ознакою “продуктивність однієї рослини” –  $F_1(BC_2[F_5(\text{Павломас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{ViboF}_8)I_1$ . **Перспективи.** Одержані на міжвидовій основі цінні генетичні джерела будуть залучені у селекційний процес створення високоадаптивних сортів і гібридів  $F_1$  баклажана, придатних до органічних технологій вирощування за рахунок високої абіотичної стійкості та наявності генів резистентності до грибкових захворювань (*Fusarium oxysporum f.sp. melongenae*, *Ralstonia solanacearum*).

**Ключові слова:** вид баклажана *Solanum melongena* L., вид баклажана *Solanum aethiopicum* Gilo group, міжвидова гібридизація, лінія, кількісні ознаки, гібриди  $F_2$ , інцухт-покоління  $I_1$ .

**Актуальність.** Баклажани (*Solanum melongena* L.) є одними з найважливіших овочів у світі, займаючи шосте місце серед овочевих культур після помідорів (*Solanum lycopersicum* L.), кавунів (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum. & Nakai), цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.), капусти (*Brassica oleracea* L.) і огірка (*Cucumis sativus* L.) (Sabatino et al, 2019). Даний вид овочевої рослини відзначається найвищою антиоксидантною здатністю завдяки високому вмісту у плодах фенольних сполук, флавоноїдів та інших корисних для здоров'я людини біологічно-цінних інгредієнтів (Gard et al, 2018). За даними маркетингових досліджень сучасна модель сорту або гібриду  $F_1$  баклажана повинна складатися з наступних апробаційних ознак: висока адаптивна здатність до вирощування як в умовах захищеного, так і відкритого ґрунту; тривалість вегетаційного періоду 110–120 діб; урожайність на рівні 35,0–40,0 т/га; циліндричної форми плоди фіолетового або білого забарвлення із щільним м'якушем; стійкість до фузаріозного в'янення, жари і посухи

(Мозговська, & Шабетя, 2017). Одним із шляхів створення відповідного вихідного матеріалу є міжвидова гібридизація в межах представників роду *Solanum* (Plazas et al, 2016), оскільки інші дикорослі або напівкультурні види баклажану є цінними генетичними джерелами стійкості до ряду біотичних і абіотичних стресових факторів навколишнього середовища. Одним із таких видів є *Solanum aethiopicum* Gilo group, який вільно схрещується з культурним баклажаном *Solanum melongena* L. і тому широко використовується у селекційних програмах з міжвидової гібридизації (Sabatino et al, 2019).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На відміну від культивованих баклажанів, які втратили генетичну мінливість через доместикацію, їхні дикі родичі є багатим джерелом різноманітності для програм селекції, зокрема для ознак, пов'язаних з адаптацією до зміни клімату, а також стійкості до шкідників і хвороб (Rakha et al, 2021; Boncukçu et al, 2023). Серед них, *Solanum*

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О. *aethiopicum Gilo group* (червоний баклажан), який багатьма дослідниками розглядається як важливий ресурс для генетичного удосконалення культурної форми баклажану. Зокрема, він є геноносієм стійкості до збудників грибкових захворювань *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae*, *Ralstonia solanacearum* та галових нематод (Li et al, 2020). Велика генетична та морфологічна мінливість була доведена у *S. aethiopicum* (Buteme et al, 2021), що є особливо важливим для добору зразків за наявністю і виразністю ознак перед проведенням гібридизації. Інтрогресія корисних ознак при міжвидовій гібридизації ускладнюється частковою негомологічністю хромосом та тісним зчепленням генів. Тому, міжвидові гібриди F<sub>1</sub> баклажана за умови сумісності батьківських компонентів, у більшості випадків є частково або повністю безплідними (Rakha et al, 2021). Подолання міжвидової несумісності на рівні безпліддя гібридів F<sub>1</sub> або розщеплення на форми, подібні до батьківських, можливі лише за рахунок штучного індукування рекомбінаційних обмінів, що було переконливо доведено у дослідках з міжвидової гібридизації на томатах і баклажанах, проведених в Інституті овочівництва і баштанництва НААН України (Самовол, & Корниенко, 2015; Монтвід, 2010).

**Мета дослідження** – розширення генетичного різноманіття культурної форми баклажану (*Solanum melongena* L.) за рахунок гібридизації з лінією

міжвидового походження, похідної від фертильного потомства гібриду F<sub>1</sub>(*S. melongena* / *S. aethiopicum Gilo group*).

#### **Матеріали і методи досліджень.**

Досліди з вирощування зразків баклажана міжвидового походження проводилися на експериментальній базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН, розташованому у зоні Східного Лісостепу України (сел. Селекційне, Харківської обл.). Технологія вирощування рослин баклажана була загальноприйнята для зони Лісостепу України, дослідження проведено в умовах захищеного ґрунту (скляна теплиця без обігріву площею 1000 м<sup>2</sup>) за загальноприйнятою технологією (Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур, 2001). Експериментальні зразки баклажана вирощували розсадним способом. Посів насіння проводили у другій декаді березня, висадку розсади у захищений ґрунт (скляна теплиця без обігріву) проводили у третій декаді травня. Схема висадки 0,45 x 0,7 м. Площа облікових ділянок – 10,08 м<sup>2</sup>, повторність одноразова.

У 2008 році в результаті міжвидового схрещування між культурною формою баклажана – сортом Фіалка (*S. melongena* (♀)) і видом *S. aethiopicum* (♂) було одержано популяцію фертильних гібридних рослин покоління F<sub>1</sub>, з якою протягом наступних 12 поколінь проводилися добори і зворотні схрещування із сортом баклажану Алмаз (*S. melongena*) для доведення

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О. фенотипу гібридних поколінь до рівня культурної форми. А саме, в результаті селекційної роботи станом на 2017 рік було створено найбільш вирівняний за комплексом цінних кількісних ознак високопродуктивний добір покоління  $F_{10}$  (*S. melongena* (сорт Фіалка) / *S. aethiopicum*), якому було присвоєну робочу назву Павлотас-20. Протягом наступним 4 років (2017–2020 рр.) було проведено зворотні насичуючі схрещування добору Павлотас-20 (♀) із сортом баклажану Алмаз (*S. melongena*) (♂), в результаті чого було одержано зразок  $BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})]$ , який за ступенем вирівняності і стабільністю прояву кількісних ознак цілком відповідає лінійному генотипу.

Для розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу баклажану у 2021 році були проведені схрещування лінії міжвидового походження  $BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})]$  з трьома перспективними зразками баклажану, які задіяні в селекційній роботі в ІОБ НААН з метою моніторингу у одержаному поколінні поєднання ознак високої продуктивності і адаптивності до стресових факторів вирощування. Всього було одержано покоління від 4 комбінацій схрещування. Для сортів Long Violet і Айсберг лінія  $BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})]$  використовувалася як батьківський компонент. Для пари партнерів гібридизації, лінії  $Vibof_8$  і лінії

$BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})]$ , одержано покоління від прямих і зворотних схрещувань.

У 2022 році вдалося провести інцухтування кращих генотипів з популяцій рослин гібридів першого покоління у двох комбінаціях схрещування  $F_1(\text{с. Айсберг} / BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])I_1$  і  $F_1(BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / Vibof_8)I_1$ . Тому, у 2023 році, на момент аналізу особливостей прояву кількісних ознак рослин у фазу технічної стиглості плодів частина зразків баклажану за генотипом являли собою як проміжні гібриди  $F_2$ , так і інцухт-генотипи  $I_1$  від гібридів першого покоління:  $F_2(\text{Long Violet} / BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])$ ;  $F_1(\text{с. Айсберг} / BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])I_1$ ;  $F_2(\text{Vibof}_8 / BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])$ ;  $F_1(BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / Vibof_8)I_1$ ;  $F_2(BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / Vibof_8)$ . За стандарт використовувалися сорт баклажана Алмаз селекції Донецької Дослідної станції ІОБ НААН.

Селекційний процес було проведено згідно існуючої методики польового досліду в овочівництві (Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур, 2001). При аналізі відборів в роботі аналізувався прояв наступних кількісних ознак: “кількість плодів на одній рослині”; “середня маса плоду”; “продуктивність однієї рослини”; “період від масових сходів до технічної стиглості плодів”.

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

Статистичні розрахунки проводилися з урахуванням щорічного відбору від 5 до 9 рослин для кожного виділеного зразка баклажану. Як критерії генетичної стабільності досліджуваних кількісних ознак в роботі використовувалися статистичні показники – середньоквадратичне відхилення ( $\sigma$ ), коефіцієнт варіації ( $V$ ) та амплітуда варіювання кількісної ознаки ( $A_m$ ). Статистичний обробіток експериментальних даних проводили згідно методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві (Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві, 2001).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Протягом виконання селекційної програми досліджень проводилися як масові, так і індивідуальні добори серед популяцій рослин гібридного покоління  $F_2$  та інцухт покоління  $I_1$  від гібридів  $F_1$  баклажану з метою виділення кращих генотипів за продуктивністю і більш короткою тривалістю періодів фенологічних фаз розвитку рослин.

Важливою кількісною ознакою, що визначає потенціал продуктивності рослин баклажану є “кількість плодів на одній рослині”. Аналіз проміжних гібридів  $F_2$  та інцухт покоління  $I_1$  від гібридів  $F_1$  баклажану засвідчив високу варіабельність числа сформованих плодів у різних зразків залежно від комбінації схрещування (табл. 1). Найменшою кількістю плодів відзначилося інцухт-покоління  $F_1$ (с. Айсберг /  $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с.

Алмаз)]) $I_1$  ( $X_{med} = 3,33 \pm 0,33$  шт.). Цей же зразок мав найбільшу стабільність прояву даної ознаки за роками досліджень ( $\sigma = 0,82$ ,  $V = 24,49$  %).

Інші дослідні зразки мали розбіжності середньої кількості плодів на одній рослині ( $X_{med} = 4,33 \dots 5,56$  шт.) в межах похибки досліду для сорту-стандарту Алмаз ( $X_{med} = 5,11 \pm 0,72$  шт.). Найбільшу кількість плодів на одній рослині мав проміжний гібрид  $F_2(BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)] /  $ViboF_8$ ) ( $X_{med} = 5,56 \pm 1,46$  шт.). Відзначається позитивна динаміка у зростанні плодів за результатами покращуючих доборів (табл. 1). А саме, збільшення їх кількості у 2023 році порівняно з 2022 роком мало місце для наступних зразків:

- $F_2$ (Long Violet /  $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)]) на 12,5 %;
- $F_2$ ( $ViboF_8$  /  $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)]) на 4,0 %;
- $F_1$ ( $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)] /  $ViboF_8$ ) $I_1$  на 54,0 %;
- $F_2$ ( $BC_2[F_5$ (Павлотас-20 / с. Алмаз)] /  $ViboF_8$ ) на 266 %.

Особливо контрастним було зростання у останнього з вищенаведених зразків, що позначилося негативно на зростанні величин статистичних показників, середньоквадратичного відхилення ( $\sigma = 4,39$ ) і коефіцієнту варіації ( $V = 79,03$  %), розрахованих за усередненими дворічними даними.

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

У інших, трьох вищевказаних зразків, показники рівня генетичної стабільності за аналізованими статистичними показниками варіювали в межах:  $\sigma = 1,63 \dots 2,36$ ;  $V =$

29,88...45,98 %. Самим стабільним з них виявився зразок  $F_1(BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{BiboF}_8)I_1$  ( $\sigma = 1,64$ ,  $V = 29,88$  %) (табл. 1).

### 1. Варіювання ознаки “кількість плодів на одній рослині” у проміжних гібридів $F_2$ та інцухт-генотипів $I_1$ від гібридів $F_1$ баклажану, шт. (середнє за 2022–2023 рр.)

Зразок	Роки досліджень			$X_{min}$	$X_{max}$	$\sigma$	$V, \%$
	2022 р.	2023 р.	$X_{med} \pm m_x$				
сорт Алмаз, st	4,60±0,93	5,75±1,18	5,11±0,72	3,0	9,0	2,15	42,01
$F_2(\text{Long Violet} / \text{BC}_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])$	4,0±2,0	4,50±0,65	4,33±0,67	2,0	6,0	1,63	37,68
$F_1(\text{с. Айсберг} / \text{BC}_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])I_1$	4,0±0,0	2,67±0,33	3,33±0,33	2,0	4,0	0,82	24,49
$F_2(\text{BiboF}_8 / \text{BC}_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])$	5,0±1,0	5,20±1,28	5,13±0,83	3,0	10,0	2,36	45,98
$F_1(\text{BC}_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{BiboF}_8)I_1$	4,33±0,33	6,67±0,88	5,50±0,67	4,0	8,0	1,64	29,88
$F_2(\text{BC}_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{BiboF}_8)$	2,0±0,58	7,33±1,78	5,56±1,46	1,0	15,0	4,39	79,03
$X_{min}$	2,0	2,67	3,33	1,0	4,0	0,82	24,49
$X_{max}$	5,0	7,33	5,56	4,0	15,0	4,39	79,03
$A_m = X_{max} - X_{min}$	3,0	4,67	2,22	3,0	11,0	3,57	54,54

Рівні прояву ознаки “середня маса плоду” у дослідних зразків баклажану наведено у таблиці 2. Як свідчать одержані результати, дана кількісна ознака мала високу залежність від умов вирощування і високу нестабільність прояву. Як свідчать одержані дані, несприятливі умови вирощування відзначилися на середній масі плодів баклажан у 2023 році. Відносно 2022

року таке зниження показника “Середня маса плоду” мало для всіх досліджених зразків, включно із сортом-стандартом Алмаз на 16,24...65,57 %. Про це вказують розбіжності у величинах показників “середньоквадратичне відхилення” ( $\sigma = 23,99 \dots 186,18$ ) і “коефіцієнт варіації” ( $V = 18,69 \dots 70,77$  %) (табл. 2).

### 2. Варіювання ознаки “середня маса плоду” у проміжних гібридів $F_2$ та інцухт-генотипів $I_1$ від гібридів $F_1$ баклажану, г (середнє за 2022–2023 рр.)

Зразок	Роки досліджень	$X_{min}$	$X_{max}$	$\sigma$	$V, \%$
--------	-----------------	-----------	-----------	----------	---------

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

	2022 р.	2023 р.	$X_{med} \pm m_x$				
сорт Алмаз, st	252,2±28,2	150,7±21,0	207,1±24,7	95,5	304,0	74,2	35,8
F <sub>2</sub> (Long Violet / BC <sub>2</sub> [F <sub>5</sub> (Павлотас-20 / с. Алмаз)])	143,9±27,4	120,5±7,3	128,3±9,8	104,3	171,3	24,0	18,7
F <sub>1</sub> (с. Айсберг / BC <sub>2</sub> [F <sub>5</sub> (Павлотас-20 / с. Алмаз)]) <sub>I</sub> <sub>1</sub>	308,4±25,8	158,0±19,3	233,2±36,6	133,0	358,7	89,6	38,4
F <sub>2</sub> (BiboF <sub>8</sub> / BC <sub>2</sub> [F <sub>5</sub> (Павлотас-20 / с. Алмаз)])	325,8±16,4	140,4±9,6	209,9±34,8	116,7	348,7	98,5	47,0
F <sub>1</sub> (BC <sub>2</sub> [F <sub>5</sub> (Павлотас-20 / с. Алмаз)] / BiboF <sub>8</sub> ) <sub>I</sub> <sub>1</sub>	218,3±57,4	161,7±33,4	190,0±32,3	109,9	310,0	79,04	41,6
F <sub>2</sub> (BC <sub>2</sub> [F <sub>5</sub> (Павлотас-20 / с. Алмаз)] / BiboF <sub>8</sub> )	467,4±118,9	160,9±12,4	263,1±62,1	118,5	647,0	186,2	70,8
$X_{min}$	143,9	120,54	128,33	95,50	171,3	23,9	18,7
$X_{max}$	467,4	161,67	263,07	133,0	647,0	186,2	70,8
$A_m = X_{max} - X_{min}$	323,5	41,13	134,73	37,50	475,7	162,2	52,1

Серед дослідженого інцухтованого та гібридного покоління виділено 3 зразки, у яких середня маса плоду варіювала в межах похибки досліду для аналогічно показника сорту-стандарту Алмаз ( $X_{med} = 207,06 \pm 24,73$  г). Серед них, F<sub>1</sub>(с. Айсберг / BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)])<sub>I</sub><sub>1</sub>, F<sub>2</sub>(BiboF<sub>8</sub> / BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]), F<sub>1</sub>(BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)] / BiboF<sub>8</sub>)<sub>I</sub><sub>1</sub>, F<sub>2</sub>(BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)] / BiboF<sub>8</sub>) ( $X_{med} = 190,0...263,07$  г). Проміжний гібрид F<sub>2</sub>(Long Violet / BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]) значно поступався сорту-стандарту Алмаз за показником “Середня маса плоду” ( $X_{med} = 128,33 \pm 9,79$  г). Найвищий рівень прояву даної ознаки належить проміжному гібриду F<sub>2</sub>(BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)] / BiboF<sub>8</sub>) ( $X_{med} = 263,07 \pm 62,06$  г).

Розмах варіювання кількісної ознаки “продуктивність однієї

рослини” для гібридів F<sub>2</sub> та інцухт-покоління, похідного від гібридів F<sub>1</sub> була в межах 574,66–1101,75 г/роsl. (табл. 3). Найвищий рівень прояву даної ознаки належить зразку F<sub>2</sub>(BiboF<sub>8</sub> / BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]), що перевищує аналогічний показник сорту-стандарту Алмаз ( $X_{med} = 1007,82 \pm 148,19$  г/роsl.), але статистично не достовірно, а в межах похибки досліду з обчислення аналогічного показника. Найменший рівень належить проміжному гібриду F<sub>2</sub>(Long Violet / BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]), якій істотно, статистично достовірно, поступався сорту-стандарту ( $X_{med} = 574,66 \pm 118,23$  г/роsl.). Варіація показника продуктивності інших експериментальних зразків баклажану була, також, на рівні сорту-стандарту ( $X_{med} = 831,56...991,22$  г/роsl.) (табл. 3).

У досліджених зразків баклажану, включно із сортом-стандартом,

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.  
варіювання рівня прояву кількісної ознаки “продуктивність однієї рослини” за роками досліджень мало досить високий розмах як за статистичним показником – середньоквадратичне відхилення ( $\sigma = 235,79 \dots 707,87$ ), так і коефіцієнт варіації ( $V = 24,44 \dots 64,25$  %). Причиною високої нестабільності потенціалу продуктивності рослин баклажану за усередненими даними 2022–2023 років є несприятливі умови вирощування, які негативно

позначилися як на трьох дослідних зразках, так і на сорті Алмаз. Зокрема, відносно 2022 року зниження показника “продуктивність однієї рослини” на 13,28...65,16 % у 2023 році мало у наступних зразках:  $F_2(\text{Long Violet} / \text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])$ ;  $F_1(\text{с. Айсберг} / \text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])I_1$ ;  $F_2(\text{BiboF}_8 / \text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])$ . Аналогічне зниження для сорту Алмаз становило 22,55 %.

### 3. Варіювання ознаки “продуктивність однієї рослини” у проміжних гібридів $F_2$ та інцухт-генотипів $I_1$ від гібридів $F_1$ баклажану, г/росл. (середнє за 2022–2023 рр.)

Зразок	Роки досліджень			$X_{min}$	$X_{max}$	$\sigma$	V, %
	2022 р.	2023 р.	$X_{med} \pm m_x$				
сорт Алмаз, st	1120,1 $\pm$ 222,3	867,5 $\pm$ 193,9	1007,8 $\pm$ 148,2	382,0	1946,7	444,6	44,1
$F_2(\text{Long Violet} / \text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])$	630,5 $\pm$ 397,5	546,8 $\pm$ 88,5	574,7 $\pm$ 118,2	233,0	1028,0	289,6	50,4
$F_1(\text{с. Айсберг} / \text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])I_1$	1233,5 $\pm$ 103,0	429,7 $\pm$ 93,0	831,6 $\pm$ 190,1	266,0	1434,7	465,8	56,0
$F_2(\text{BiboF}_8 / \text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})])$	1652,0 $\pm$ 397,3	771,6 $\pm$ 235,3	1101,8 $\pm$ 250,3	350,0	2441,0	707,9	64,3
$F_1(\text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{BiboF}_8)I_1$	910,9 $\pm$ 195,4	1019,0 $\pm$ 72,3	965,0 $\pm$ 96,3	563,8	1240,0	235,8	24,4
$F_2(\text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{BiboF}_8)$	800,0 $\pm$ 114,9	1086,8 $\pm$ 183,2	991,2 $\pm$ 131,8	647,0	1911,0	395,4	39,9
$X_{min}$	630,5	429,7	574,7	233,0	1028,0	235,8	24,4
$X_{max}$	1652,0	1086,8	1101,8	647,0	2441,0	707,9	64,3
$A_m = X_{max} - X_{min}$	1021,5	657,2	527,1	414,0	1413,0	472,1	39,8

Виділилися два зразки  $F_1(\text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{BiboF}_8)I_1$  і  $F_2(\text{BC}_2[\text{F}_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{BiboF}_8)$ , які за усередненими даними 2022–2023 років продемонстрували приблизно на

одному рівні стабільність прояву ознаки “продуктивність однієї рослини” ( $X_{med} = 964,22 \dots 991,22$  г/росл.) з найменшою розбіжністю величин коефіцієнту варіації ( $V = 24,44 \dots 39,89$  %) (табл. 3).

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

У 2023 році було проведено чергові добори та інцухтування найбільш перспективних з точки зору продуктивності і довжини вегетаційного періоду індивідуальних зразків рослин, які належали як до популяцій проміжних гібридів  $F_2$ , так і популяцій інцухт-генотипів, похідних від гібридів  $F_1$ . Аналіз стабільності прояву гібридного матеріалу буде продовжено у наступних поколіннях.

Мінливість важливої для селекційного процесу фенологічної фази розвитку рослин баклажана “тривалість періоду від масових сходів до технічної стиглості плодів” у дослідних гібридів зразків і інцухт-поколінь баклажана представлено на наступній діаграмі (рис. 1). За даними 2022 року для усієї дослідженої вибірки зразків тривалість даного періоду коливалася в межах 113–127 діб ( $A_m = 14$  діб), за даними 2023 року – в межах 120–141 діб ( $A_m = 21$  діб).

Тобто, залежно від умов вирощування, амплітуда варіювання даної кількісної ознаки ( $A_m$ ) протягом років спостережень коливалася від 14 до 21 доби.

За усередненими даними 2022–2023 років, виділено гібридний зразок  $F_2(BC_2[F_5(\text{Павлотас-20} / \text{с. Алмаз})] / \text{ViboF}_8)$ , у якого тривалість аналізованої фенологічної фази рослин була меншою на 2 доби, порівняно із сортом-стандартом Алмаз ( $X_{med} = 123,50 \pm 3,50$  діб) (рис. 1). Усі інші експериментальні зразки баклажану мали більш подовжену тривалість періоду від появи масових сходів до технічної стиглості плодів на 4–7 діб. За проявом даної кількісної ознаки усі гібридні генотипи покоління  $F_2$  і інцухт-покоління  $I_1$ , похідного від гібридів  $F_2$  проявили слабку варіацію ( $V = 6,40 \dots 15,59$  %). Аналогічний показнику сорту-стандарту Алмаз:  $V = 4,01$  % (рис. 1).

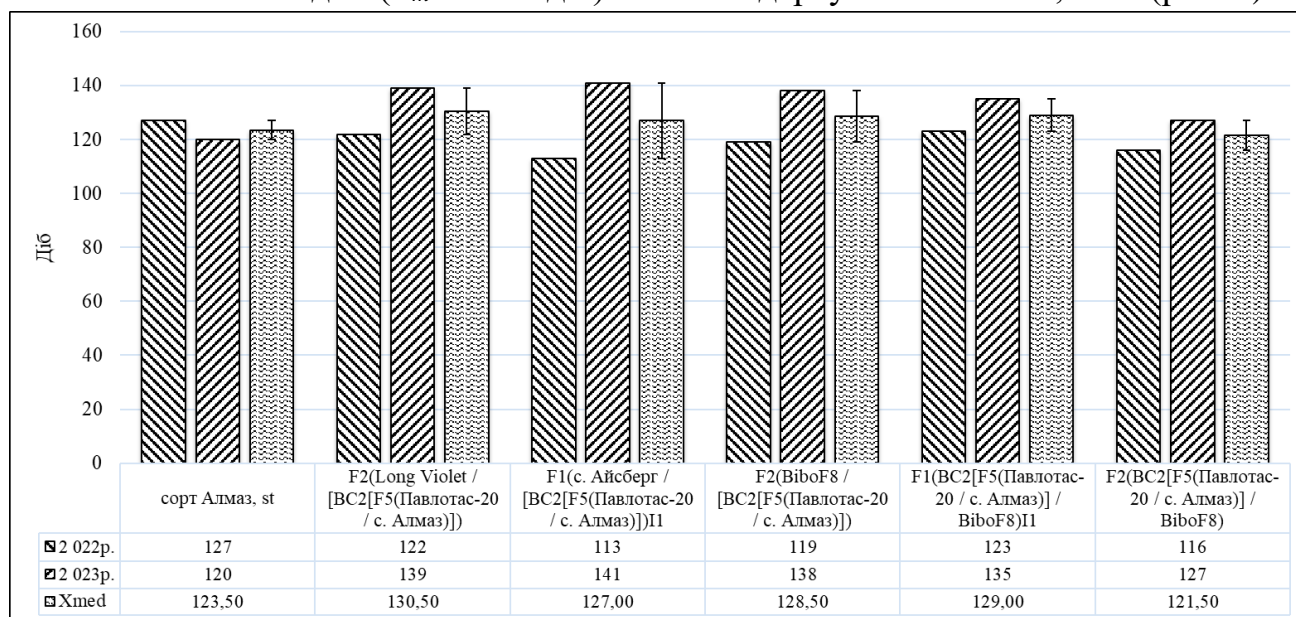


Рис. 1. Тривалість періоду від масових сходів до технічної стиглості плодів у дослідженого потомства баклажану, середнє за 2022–2023 рр.

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

**Висновки і перспективи.** Таким чином, в результаті проведених схрещувань створено перспективні для селекції культурної форми баклажану (*Solanum melongena* L.) нові генетичні джерела з наявністю зародкової плазми від виду *Solanum aethiopicum* Gilo group. Виділені перспективні форми покоління F<sub>2</sub> і інцухт-покоління I<sub>1</sub>, похідного від гібридів F<sub>1</sub>, які за рівнями прояву кількісних ознак, що є структурними компонентами урожайності та тривалістю періоду від появи масових сходів до технічної стиглості плодів, були або на рівні, або мали стійку тенденцію до перевищення над сортом-стандартом баклажану Алмаз. Особливо продуктивним виявився гібрид F<sub>2</sub>(ViboF<sub>8</sub> / BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]) ( $X_{med} = 1101,8 \pm 250,3$  г/росл.). Високим рівнем прояву ознак “кількість плодів на одній рослині” ( $X_{med} = 5,56 \pm 1,46$  шт.) і “середня маса плоду” ( $X_{med} = 263,1 \pm 62,1$  г) відзначився гібрид F<sub>2</sub>(BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]) /

### Список використаних джерел

1. Sabatino L., Iapichino G., Rotino G.L., Palazzolo E., Mennella G., D'Anna F. *Solanum aethiopicum* gr. *Gilo* and Its Interspecific Hybrid with *S. melongena* as Alternative Rootstocks for Eggplant: Effects on Vigor, Yield, and Fruit Physicochemical Properties of Cultivar 'Scarlati'. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. No 5. Article 223. doi: [10.3390/agronomy9050223](https://doi.org/10.3390/agronomy9050223).
2. Garg M., Sharma N., Sharma S., Kapoor P., Kumar A., Chunduri V., Arora P. Biofortified Crops Generated by Breeding, Agronomy, and Transgenic Approaches Are Improving Lives of Millions of People around

ViboF<sub>8</sub>). Цей же гібрид F<sub>2</sub> виявив ознаки ранньої стиглості (на 2 доби) за вищевказаною фенологічною фазою розвитку рослин баклажану порівняно із сортом-стандартом. У дослідженій вибірці зразків баклажана виділилися такі, у яких вже на другий рік доборів коефіцієнт варіації (V) не перевищував межу 33,33 %, що, згідно теорії статистичного аналізу, є критерієм генетичної стабілізації відповідної кількісної ознаки на рівні сортової популяції рослин (Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві, 2001). Згідно даного критерію, за ознакою “кількість плодів на одній рослині” виділилися інцухт-зразки F<sub>1</sub>(с. Айсберг / BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)])I<sub>1</sub> та F<sub>1</sub>(BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]) / ViboF<sub>8</sub>)I<sub>1</sub> (V = 24,49...29,88 %). За ознакою “середня маса плоду” – F<sub>2</sub>(Long Violet / BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]) (V = 18,7 %). За ознакою “продуктивність однієї рослини” – F<sub>1</sub>(BC<sub>2</sub>[F<sub>5</sub>(Павлотас-20 / с. Алмаз)]) / ViboF<sub>8</sub>)I<sub>1</sub> (V = 24,4 %).

the World. *Frontiers in nutrition*. 2018. Vol. 5. No 12. doi: [10.3389/fnut.2018.00012](https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00012).

3. Мозговська Г.В., Шабетя О.М. Сортове різноманіття. Овощи и фрукты. Київ, 2017. № 1. С. 26–29.

4. Plazas, M., Vilanova, S., Gramazio, P., Rodríguez-Burruezo, A., Fita, A., Herraiz, F. J., Ranil, R., Fonseca, R., Niran, L., Fonseca, H., Kouassi, B., Kouassi, A., Kouassi, A., & Prohens, J. (2016). Interspecific Hybridization between Eggplant and Wild Relatives from Different Gene pools. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2016. Vol. 141. No 1. P. 34–44. doi: [10.21273/JASHS.141.1.34](https://doi.org/10.21273/JASHS.141.1.34).

5. Rakha M., Prohens J., Taher D., Wu Th., Solberg S. Ø. Eggplant (*Solanum melongena*, S.

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

*aethiopicum* and *S. macrocarpon*) breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops* / In: Al-Khayri, J.M., Jain, S.M., Johnson, D.V. (eds.). Cham : Springer, 2021. Vol. 4. P. 163–203. doi: [10.1007/978-3-030-66961-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66961-4_5).

6. Boncukçu S.D., Geboloğlu N., Şahin F. Determination of *Verticillium* and *Fusarium* wilt resistance levels of different interspecific hybrid eggplant lines. *Hort. Sci.* 2023. Vol. 50. No 2. P. 152–158. doi: [10.17221/62/2022-HORTSCI](https://doi.org/10.17221/62/2022-HORTSCI).

7. Li D., Li S., Li W., Liu A., Jiang Y., Gan G., Li W., Liang X., Yu N., Chen R., Wang Y. Comparative transcriptome analysis provides insights into the molecular mechanism underlying double fertilization between self-crossed *Solanum melongena* and that hybridized with *Solanum aethiopicum*. *PLoS ONE*. 2020. Vol. 15. No 8. e0235962. doi: [10.1371/journal.pone.0235962](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235962).

8. Buteme, R., Nakajiri, M., Kucel, N., Kabod, P. N., Sseremba, G., Kizito, E. B. Intraspecific crossability and compatibility within *Solanum aethiopicum*. *Heliyon*. 2021. Vol. 7. No 7. e07645. doi: [10.1016/j.heliyon.2021.e07645](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07645).

9. Самовол А.П., Корниенко С.И. Индуцированный рекомбиногенез при отдаленной гибридизации томата. Сообщение 1: Влияние  $\gamma$ -излучения на смещение менделевского моногибридного расщепления и на изменчивость уровня рекомбинации по несцепленным маркерным генам у гибридов Мо 638 х var. *cerasiforme*, var. *pimpinellifolium*. *Овочівництво і баштанництво*. 2015. Вип. 61. С. 207–215.

10. Монтвід П.Ю. Поведінка хромосом при гібридизації *Solanum melongena* з *Solanum aethiopicum aculeatum* group. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2010. Вип. 55. С. 81–86.

11. Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур / за ред. Т.К. Горової та К.І. Яковенка. Харків : ДП Харківська друкарня № 2, 2001. 644 с.

12. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 369 с.

## References

1. Sabatino, L., Iapichino, G., Rotino, G.L., Palazzolo, E., Mennella, G., & D'Anna,

F. (2019). *Solanum aethiopicum* gr. gilo and its interspecific hybrid with *S. melongena* as alternative rootstocks for eggplant: effects on vigor, yield, and fruit physicochemical properties of cultivar 'Scarlati'. *Agronomy*, 9(5), article 223. doi: [10.3390/agronomy9050223](https://doi.org/10.3390/agronomy9050223).

2. Garg, M., Sharma, N., Sharma, S., Kapoor, P., Kumar, A., Chunduri, V., & Arora, P. (2018). Biofortified Crops Generated by Breeding, Agronomy, and Transgenic Approaches Are Improving Lives of Millions of People around the World. *Frontiers in nutrition*, 5, 12. doi: [10.3389/fnut.2018.00012](https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00012)

3. Mozgovska G.V., & Shabetya O.M. (2017). Varietal variety. *Vegetables and fruits*, 1, 26–29. [In Ukrainian]

4. Plazas, M., Vilanova, S., Gramazio, P., Rodríguez-Burruezo, A., Fita, A., Herraiz, F.J., Ranil, R., Fonseca, R., Niran, L., Fonseca, H., Kouassi, B., Kouassi, A., Kouassi, A., & Prohens, J. (2016). Interspecific Hybridization between Eggplant and Wild Relatives from Different Genepools. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 141 (1), 34–44. doi: [10.21273/JASHS.141.1.34](https://doi.org/10.21273/JASHS.141.1.34)

5. Rakha, M., Prohens, J., Taher, D., Wu, Th., & Solberg, S. Ø. (2021). Eggplant (*Solanum melongena*, *S. aethiopicum* and *S. macrocarpon*) breeding. In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops* (pp. 163–203). Cham: Springer. doi: [10.1007/978-3-030-66961-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66961-4_5)

6. Boncukçu, S. D., Geboloğlu, N., & Şahin, F. (2023). Determination of *Verticillium* and *Fusarium* wilt resistance levels of different interspecific hybrid eggplant lines. *Horticultural Science*, 50(2), 152–158. doi: [10.17221/62/2022-HORTSCI](https://doi.org/10.17221/62/2022-HORTSCI)

7. Li, D., Li, S., Li, W., Liu, A., Jiang, Y., Gan, G., Li, W., Liang, X., Yu, N., Chen, R., & Wang, Y. (2020). Comparative transcriptome analysis provides insights into the molecular mechanism underlying double fertilization between self-crossed *Solanum melongena* and that hybridized with *Solanum aethiopicum*. *PLoS one*, 15(8), e0235962. doi: [10.1371/journal.pone.0235962](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235962)

8. Buteme, R., Nakajiri, M., Kucel, N., Kabod, P. N., Sseremba, G., & Kizito, E. B. (2021). Intraspecific crossability and

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

compatibility within *Solanum aethiopicum*. *Heliyon*, 7(7), article e07645. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07645

9. Samovol, A.P., & Kornienko, S.I. (2015). Induced recombinogenesis during distant hybridization of tomato. Message 1: The influence of  $\gamma$ -radiation on the shift of Mendelian monohybrid segregation and on the variability of the level of recombination for unlinked marker genes in hybrids Mo 638 x var. *cerasiforme*, var. *pimpinellifolium*. *Vegetable and Melon Growing*, 61, 207–215. [In Ukrainian]

10. Montvid, P.Yu. (2010). Behavior of chromosomes during hybridization of *Solanum melongena* with *Solanum aethiopicum aculeatum* group. *Bulletin of Lviv University. Biological series*, 55, 81–86. [In Ukrainian]

11. Horova, T.K., & Yakovenko, K.I. (Eds.) (2001). *Modern methods of breeding of vegetable and melon crops*. Kharkiv: DP Kharkivska drukarnia No. 2. [In Ukrainian]

12. Bondarenko, H.L., & Yakovenko, K.I. (Eds.). (2001). *Methodology of experimental research in vegetable and melon growing*. Kharkiv: Osnova. [In Ukrainian]

## IMPROVEMENT OF GENETIC POTENTIAL CULTURAL FORM OF EGGPLANT DUE TO HYBRIDIZATION WITH A LINE OF INTERSPECIES ORIGIN

S. I. Kondratenko, O. V. Serhienko, A. O. Marusyak

**Abstract. Introduction.** As a result of domestication, the created varieties and hybrids  $F_1$  of the cultivated form of eggplant (*Solanum melongena* L.) are characterized by low genetic variability and unsatisfactory adaptive potential for a set of quantitative traits useful for breeding and therefore require a significant renewal of the genetic plasma due to interspecific hybridization with other representatives of the *Solanum* genus. **The goal** is to create, for adaptive breeding, the starting material of a cultured form of eggplant (*Solanum melongena* L.) due to hybridization with a line of interspecies origin, derived from the fertile progeny of the hybrid  $F_1$  (*S. melongena* / *S. aethiopicum* Gilo group). **Methods:** general scientific, measuring, weighting, variational statistics (calculation of root mean square deviation ( $\sigma$ ), coefficient of variation ( $V$ )). **Results.** As a result of the hybridization of varieties and lines of the cultivated form of eggplant (*Solanum melongena* L.) with the line of interspecific origin  $BC_2[F_5$  (Pavlotas-20 / Almaz variety)], the hybrid progeny  $F_2$  and the inbred progeny  $I_1$ , derived from the hybrids  $F_1$ , which according to the levels of manifestation quantitative traits valuable for breeding had a steady tendency to exceed the standard Almaz variety. The hybrid  $F_2$  (Bibo $F_8$  /  $BC_2[F_5$  (Pavlotas-20 / Almaz variety)]) ( $X_{med} = 1101.8$  g/plant) was highly productive. The high level of manifestation of the traits “number of fruits per plant” ( $X_{med} = 5.56$  pcs.) and “average weight of the fruit” ( $X_{med} = 263.1$  g) was noted by the hybrid  $F_2$  ( $BC_2[F_5$  (Pavlotas-20 / Almaz variety)] / Bibo $F_8$ ). Compared to the standard variety, the same  $F_2$  hybrid showed trait of early ripeness (by 2 days) in terms of the duration of the period from the appearance of mass seedlings to the technical ripeness of the fruits. In the studied sample of different eggplant progeny, those in which the coefficient of variation ( $V$ ) did not exceed the limit of 33.33% already in the second year of breeding, which, according to the theory of statistical analysis, is a criterion of genetic stabilization of the corresponding quantitative trait at the level of the varietal population of plants. According to this criterion, samples  $F_1$  (Aisberh variety /  $BC_2[F_5$  (Pavlotas-20 / Almaz variety)])  $I_1$  and  $F_1$  ( $BC_2[F_5$  (Pavlotas-20 / Almaz variety)] / Bibo $F_8$ )  $I_1$ , according to the trait “average fruit weight” –  $F_2$  (Long Violet /  $BC_2[F_5$  (Pavlotas-20 / Almaz variety)]), according to the

Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Марусяк А. О.

trait “productivity of one plant” –  $F_1(BC_2[F_5(\text{Pavlotas-20/Almaz variety})] / \text{BiboF}_8)I_1$ .

**Discussion.** Valuable genetic sources obtained on an interspecies basis will be involved in the breeding process of creating highly adaptive varieties and  $F_1$  hybrids of eggplant, suitable for organic growing technologies due to high abiotic resistance and the presence of genes for resistance to fungal diseases (*Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae*, *Ralstonia solanacearum*).

**Key words:** eggplant species *Solanum melongena* L., eggplant species *Solanum aethiopicum* Gilo group, interspecific hybridization, line, quantitative traits,  $F_2$  hybrids, inbred generation  $I_1$ .

**How to Cite:** Kondratenko, S., Serhiienko, O., & Marusyak, A. (2024). Improvement of genetic potential cultural form of eggplant due to hybridization with a line of interspecies origin. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.009](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.009)

**БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ АГРОЦЕНОЗУ СОЇ ЗАЛЕЖНО  
ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ЙОГО ОБРОБІТКУ**

**М. В. ВОЙТОВИК**, кандидат сільськогосподарських наук,  
<https://orcid.org/0000-0002-6943-3213>

*Білоцерківський національний аграрний університет*

**М. В. ЖОВТУН**, кандидат сільськогосподарських наук, директор  
<https://orcid.org/0009-0001-8664-3263>

**ТОВ «Марківка Агро-ВТ»**

E-mail: 211989@i.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.024](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.024)

***Анотація.** Метою досліджень було виявлення впливу мінеральних і органо-мінеральних систем удобрення за основного обробітку на зміни біологічної активності орного шару чорнозему типового в агроценозі сої п'ятипільної зернопроросапно́ї сівозміни Лісостепу України. Дослідження проводили упродовж 2016 – 2020 рр. на чорноземі типовому глибокому малогумусному дослідного поля Білоцерківського НАУ. Досліджували три системи обробітку ґрунту: диференційований, полицево-безполицевий та мілкий безполицевий і три системи удобрення: без застосування добрив, органо-мінеральна і мінеральна.*

*Встановлено, що найвища біологічна активність чорнозему типового у посівах сої у травні зафіксована за полицево-безполицевого обробітку. Найвиразнішу диференціація орного шару спостерігали за мілкою безполицевого обробітку ґрунту. Різниця в показниках втрати маси лляного полотна у верхній і нижній частинах одного шару чорнозему типового становила 2,7 % за диференційованого, 7,7 % – полицево-безполицевого і 8,5 % – мілкою обробітку ґрунту.*

*Виділення з ґрунту діоксиду вуглецю в агроценозі сої у травні значно вище за полицево-безполицевого на 5,8 %, мілкою безполицевого обробітку ґрунту – на 2,7 % порівняно з диференційованим обробітком.*

*За мінеральної системи удобрення виділення CO<sub>2</sub> ґрунтом зросло на 16,7–18,8 % порівняно з варіантом без застосування добрив.*

***Ключові слова:** виділення вуглекислоти, лляна тканина, целюлозоруйнівна здатність, ґрунт*

**Актуальність.** За сучасного землеробства значного наукового значення набувають дослідження біологічних властивостей ґрунту залежно від антропогенних чинників, так як, важливим компонентом біологічного колообігу речовин і енергії являються ґрунтові

мікроорганізми, розміри якого і визначають рівень родючості ґрунту (Юркевич Є. О., Щетінікова Л. А., 2019). Агротехнічні засоби мають значний вплив на мікрофлору ґрунту. Характер впливу різних сівозмін, попередників під окремі культури у зв'язку із удобренням на

Войтовик М. В., Жовтун М. В.

життєдіяльність мікрофлори, повинен бути специфічним і відповідати природним умовам, біологічним особливостям культур які вирощують, властивостям ґрунту (В. О. Єщенко, та ін., 2007).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Одним з основних факторів розвитку біологічної активності ґрунту є раціональний механічний обробіток, під його впливом змінюється повітряний, тепловий і водний режими, інші властивості, які істотно впливають на біохімічні процеси ґрунту. Розуміння суті та інтенсивності біологічних процесів, які відбуваються в ґрунті, для раціонального регулювання рівня родючості, пошуку резервів її підвищення, управління ростом і розвитком рослин. Діяльність мікроорганізмів є важливою умовою процесу ґрунтоутворення, що у кінцевому підсумку визначає його інтенсивність і тип. Істотно змінює таксономічну структуру мікробних ценозів та її функціональну діяльність механічний обробіток ґрунту (І. Д. Примак та ін., 2019).

Процес розкладання органічної речовини становить важливу невід'ємну ланку світового біогеохімічного колообігу елементів, значною мірою визначає родючість ґрунтів. Швидкість розкладання целюлози впливає на швидкість розкладання органіки загалом. Згаданий показник можна розглядати як кількісну міру ґрунтової

родючості, тоді як чисту целюлозу як модельний субстрат для розкладання, за перебігом якого можна визначити дію факторів зовнішнього середовища та вивчити властивості ґрунту (Krzysko-Lupicka T., et. al., 2016; Syshchykov D. V., et. al., 2021).

Біологічним показником родючості відводиться домінуюче значення у продукуванні ґрунтом діоксиду вуглецю. Окислення вуглецю органічної речовини до діоксиду вуглецю тісно пов'язано з активністю мікробіоти у ґрунтовому середовищі. Маса продукованого діоксиду вуглецю за мінералізації органічної речовини ґрунту залежить від кількості і структури мікробного ценозу. Тому за інтенсивністю виділення діоксиду вуглецю з ґрунту або вмістом його в ґрунті можна оцінювати біологічну активність останнього. Інтенсивність виділення діоксиду вуглецю з ґрунту характеризує швидкість мінералізації його органічної речовини (Павліченко А. А., 2019).

**Мета досліджень** полягала у визначенні впливу мінеральних і органо-мінеральних систем удобрення за основного обробітку на зміни біологічної активності орного шару чорнозему типового в агроценозі сої п'ятипільної зернопросапної сівозміни Лісостепу України.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проводили упродовж 2016–2020 рр.

Войтовик М. В., Жовтун М. В.

на чорноземі типовому глибокому малогумусному дослідного поля Білоцерківського НАУ. Схемою досліду передбачено вивчення трьох систем основного обробітку (чинник А) і чотирьох систем удобрення (чинник В) у короткоротаційній зернопросапній сівозміні з наступним чергуванням сільськогосподарських культур: соя – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – соняшник – ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат – кукурудза.

Зміст градацій першого чинника (А) систем основного обробітку ґрунту. Диференційований (контроль) – проведення за ротацію сівозміні трьох оранок під сою, соняшник і кукурудзу, одного мілкого обробітку під пшеницю озиму і одного чизельного обробітку під ячмінь. Полицево-безполицевий – проведення за ротацію сівозміні однієї оранки під соняшник, одного мілкого безполицевого обробітку під пшеницю озиму і трьох чизельних обробітків під сою, кукурудзу і ячмінь. Мілкий безполицевий – проведення обробітку ґрунту дисковими знаряддями на глибину 10–12 см під усі культури сівозміні. Виконували заходи основного обробітку ґрунту наступними знаряддями: плуг 3 корпусний Lemken Oral 110; чизель глибокорозпушувач АГЧ – 4,2; дискова борона АГ-2,1-20.

Зміст градацій другого чинника (В) систем удобрення.

Нульовий рівень – без добрив. Органо-мінеральна – для відтворення родючості ґрунту пріоритетне використання органічних добрив, внесення 8 т гною на 1 га сівозмінної площі і 3,5 т маси післяжнивних сидератів, нетоварної частини врожаю, внесення 116 кг ( $N_{38}P_{40}K_{38}$ ) мінеральних добрив. Норма органічних добрив визначена за необхідністю позитивного балансу гумусу. Мінеральна – для відтворення родючості ґрунту внесення на 1 га сівозмінної площі 8 т гною і 240 кг ( $N_{84}P_{76}K_{80}$ ) мінеральних добрив.

Повторність у досліді триразова. Повторення розміщені на площі суцільно, систематично, ділянки першого порядку (варіанти обробітку) послідовно в один ярус, а другого (варіанти удобрення – послідовно в чотири яруси. Площа посівної – 171 м<sup>2</sup>, облікової ділянки 112 м<sup>2</sup>. Під час експерименту застосовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загальноновизнаних в Україні методик і методичних рекомендацій (Vozhehova R. A., et al., 2014).

Оцінку інтенсивності виділення ґрунтом вуглекислоти (CO<sub>2</sub>) проводили методом В. І. Штатнова, целюлозоруйнівну здатність ґрунту – методом аплікації лляного полотна за Є. М. Мішустіним.

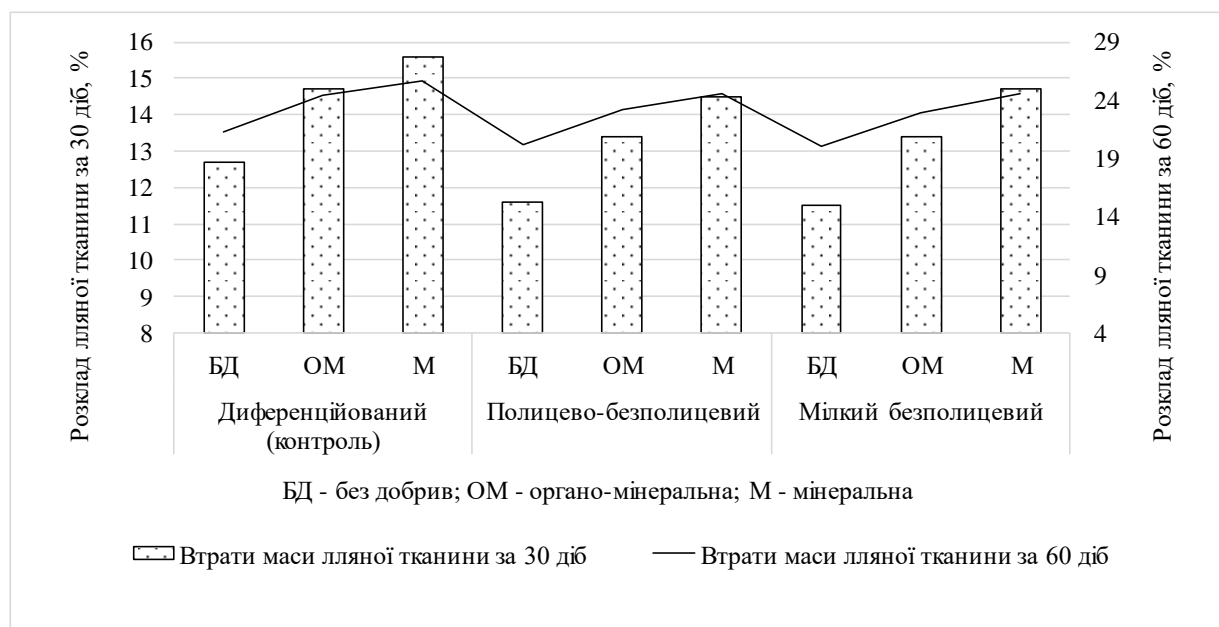
Войтовик М. В., Жовтун М. В.

Статистичний аналіз експериментальних даних – з використанням програмного забезпечення Excel from MS Office 365 та Statistica 10.

**Результати досліджень та його обговорення.** Дослідження показали, що життєдіяльність целюлозоруйнівних мікроорганізмів нестійка й упродовж вегетації можна змінюватися від обробітку ґрунту та удобрення.

Залучення до визначення методів аплікації дозволили встановити, що целюлозолітична активність ґрунту залежить від наявності вологи і гідротермічних умов (рис. 1.).

З 1 до 30 травня найвища біологічна активність чорнозему типового зафіксована за полицево-безполицевого обробітку. За диференційованого і мілкового безполицевого обробітку ґрунту простежувалася аналогічна закономірність.



**Рис. 1. Целюлозолітична активність в 0–30 см шарі ґрунту агроценозу сої, за 2016 – 2020 рр.**

Диференціація орного шару найзначніше виражена за мілкового безполицевого обробітку, водночас найменше – на контролі. Так, різниця в показниках втрати маси лляного полотна у верхній і нижній частинах одного шару чорнозему типового становила 2,7 % за диференційованого, 7,7 % –

полицево-безполицевого і 8,5 % – мілкового обробітку в сівозміні.

Із 1 травня до 30 червня біологічна активність орного шару в посівах сої за полицево-безполицевого і диференційованого обробітку ґрунту підвищується внаслідок поширення мікробіоти по всьому його профілю.

Втрати маси лляної тканини упродовж двох місяців вегетації сої в 0–30 шарі ґрунту в середньому становили: за полицево-

Войтовик М. В., Жовтун М. В.

безполицевого обробітку 17,9–29,8 %, диференційованого – 18,8–27,6 %, мілкого безполицевого – 15,8–28,7 %.

За місяць (травень) і два місяці (травень-червень) різниця у втратах маси лляного полотна відповідно становила: за полицево-безполицевого обробітку ґрунту – 1,1 і 1,1 %, мілкого безполицевого обробітку ґрунту – 1,2 і 1,1 % на користь контролю.

Найсприятливішими складаються умови для розкладання лляної тканини мікроорганізмами за мінеральної системи удобрення. Варіант органо-мінеральної системи удобрення посідає проміжне місце, при цьому істотно переважаючи контрольний варіант.

Ряд науковців вважають, що сільське господарство, за впровадження відповідних технологій обробітку ґрунту, може стати одним із найбільших поглиначів CO<sub>2</sub> з атмосфери. У разі значних обсягів депонування можна отримати не тільки високі врожаї, а й запобігати ефекту глобального потепління. Розбалансованість циклів колообігу вуглецю у ґрунті, навпаки, призводить до втрати як органічних речовин, так і доступних елементів живлення, необхідних рослинному й мікробіологічному світу, та

додаткового надходження парникових газів в атмосферу (М. А. Попірний та ін. 2020).

Емісія CO<sub>2</sub> з ґрунту, своєю чергою, тісно пов'язана зі способами його обробітку. Зміни параметрів ґрунтового дихання можуть залежати як від загальної кількості та доступності вуглецю органічних речовин, так і від здатності угруповань до метаболізму вуглецевих сполук (Demyanyuk O. S., et. al., 2018).

Аналіз результатів досліджень засвічує, що виділення з ґрунту діоксиду вуглецю в агроценозі сої у травні істотно вище за полицево-безполицевого на 5,8%, мілкого безполицевого обробітку ґрунту – на 2,7 % порівняно з диференційованим обробітком (табл. 1).

Позитивний вплив на дихання ґрунту здійснювала мінеральна система удобрення. Виділення CO<sub>2</sub> ґрунтом за цієї системи збільшилося на 16,7–18,8 %, зросло виділення порівняно з неудобреним варіантом.

Від внесення добрив емісія CO<sub>2</sub> ґрунтом збільшилася на 2,7–6,6 % за органо-мінеральної системи удобрення, на 5,1–6,7 за мінеральної системи порівняно з контролем. Добрива значною мірою, ніж обробіток, змінюють інтенсивність дихання ґрунту.

# 1. Інтенсивність виділення вуглекислого газу чорнозему типового залежно від системи удобрення та обробітку ґрунту,

мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> за добу за 2016–2020 рр.

Обробіток ґрунту, (А)	Система удобрення, (В)	Час спостережень	
		Травень	Червень
Диференційо-ваний (контроль)	Без добрив	253	344
	Органо- мінеральна	274	379
	Мінеральна	299	405
Полицево- безполицевий	Без добрив	268	359
	Органо- мінеральна	293	393
	Мінеральна	316	419
Мілкий безполицевий	Без добрив	260	352
	Органо- мінеральна	283	389
	Мінеральна	309	414
НІР <sub>05</sub> А		5,0	7,6
НІР <sub>05</sub> В		6,6	9,2

Аналіз даних показує, що динаміка інтенсивності дихання залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду. Так, мінімальна кількість CO<sub>2</sub> виділяється у весняний період, коли температура ґрунту не перевищує 5–7 °С і в умовах підвищеної вологості, коли життєдіяльність ґрунтової мікрофлори пригнічена. До початку вегетаційного періоду підвищується температура повітря, ґрунт прогрівається до 10–12 °С, у ньому посилюються біологічні процеси і, як наслідок підвищується виділення CO<sub>2</sub>. Максимальне значення інтенсивності дихання відмічено в літні місяці, коли ґрунт прогрівається до +15–20 °С. Ґрунт затінений рослинами і містить достатню кількість продуктивної вологи (Центило Л. В. та ін., 2021).

**Обговорення.** Результати експериментального дослідження підтверджують встановлені раніше закономірності та розширюють виробничі рекомендації щодо динаміки виділення CO<sub>2</sub> і розкладу лляної тканини. У науковій праці Л. В. Центило (2019), встановлено, що підвищена целюлозолітична активність 0–10 см шару відмічена за безполицевого обробітку. У шарах 10–20 см і 20–30 см перевагу мав варіант диференційованого обробітку ґрунту. У працях В. В. Гангур, В. М. Сахацька (2019), відмічають, що найкращі умови для біогенності ґрунту створюються за умови полицевого обробітку в шарі 0–10 та 20–30 см, а також у разі мілкового обробітку ґрунту у верхньому (0–10 см) шарі внаслідок диференціації

Войтовик М. В., Жовтун М. В.

оброблюваного шару за елементами родючості.

**Висновки.** Упродовж двох місяців вегетації сої целюлозолітична активність ґрунту характеризується динамічністю. Залежить вона від гідротермічного режиму, регулюється обробіткою ґрунту і значно зростає за

#### Список використаних джерел

1. Гангур В. В., Сахацька В. М. Мікробіологічна активність ґрунту за різних способів обробітки. *Вісник ПДАА*. 2019. № 4. С. 13–19.

2. Єщенко В. О., Опришко В. П., Копитко П. Г. Сівозміни лісостепової зони; За ред. В. О. Єщенка. Умань, 2007. 176 с.

3. Павліченко А.А. Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від систем основного обробітки ґрунту та удобрення у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Умань, 2019. С. 9–11.

4. Попірний М. А., Сябрук О. П., Акімова Р. В., Шевченко М. В. Новітні інтегровані методи дослідження стабілізації органічного вуглецю за різного обробітки ґрунту. *Агротехніка і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 13–28.

5. Примак І. Д., Левандовський С. М., Панченко О. Б., Панченко І. А., Войтовик М. В., Карпенко В. Г., Мартинюк І. В. Біологічна активність чорнозему типового за різних систем основного обробітки та удобрення культур короткоротаційної сівозміни. *Агробіологія*. 2019. № 2. С. 43–58.

6. Управління родючістю ґрунту за зберіаючого землеробства : монографія / Л. В. Центилю, С. П. Танчик, О. А. Цюк. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2021. 364 с.

7. Центилю Л. В. Біологічна активність за різних систем удобрення соняшнику та обробітки ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 17–22.

8. Юркевич Є. О., Щетнікова Л. А. Біологічна активність ґрунту під пшеницею озимою у різних ланках короткоротаційних

внесення добрив. Мінеральна система удобрення активізує біологічні процеси ґрунту, що проявляється у зростанні розкладу лляної тканини. Біологічна активність орного шару у перші 30 діб вегетації сої значно вища за диференційованого, нижча за мілкого обробітку ґрунту.

сівозмін в умовах придунайського Степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С. 11–18.

9. Demyanyuk. O. S., Palyka V. P., Sherstoboeva O. V., Bunas A. A. Formation of the structure of microbiocenoses of soils agroecosystems depending on trophic and hydrothermic factors. *Biosystems diversity*. 2018. Vol. 26 (2). P. 103–110.

10. Krzysko-Lupicka T., Krecidlo L., Krecidlo M. The comparison of cullulolytic activity of the modified soil treated with roundup. *Chem didactecol metrol*. 2016. 21. (1-2). P. 133–139.

11. Syshchykov D. V., Agurova I. V., Syshchykova O. V. Features of the Formation of Biological and Cellulosolytic Activity in Soils of Anthropogenous Transformed Ecosystem. *Darnios aplinkos vystymas*. 2021. 1(18). P. 99–107.

12. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., & Maliarchuk, M.P. (2014). *Metodyka pol'ovykh i laboratornykh doslidzhen' na zroshuvanykh zemlyakh* [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]. Hrin' D.S., Kherson: 2014. 285.

#### References

1. Gangur, V. V., Sakhatska V. M. (2019). Microbiological activity of soil under different methods of cultivation. *PDAA Bulletin*. 4. P. 13–19.

2. Yeschenko, V. O., Opryshko, V. P., Kopytko, P. G. (2007). Crop rotations of the forest-steppe zone. Under the editorship V. O. Yeshchenko. Uman, 2007. 176 p.

3. Pavlichenko, A. A. (2019). Productivity of fruit-bearing crop rotation depending on the systems of main tillage and fertilization in the Right Bank Forest-Steppe of

Войтовик М. В., Жовтун М. В.

Ukraine: autoref. Dis... Cand. s.-g. Sciences: 06.01.01. Uman, 9–11.

4. Popirnyi, M. A., Syabruk, O. P., Akimova, R. V., Shevchenko, M. V. (2020). Newest integrated methods of organic carbon stabilization research under different tillage. *Agrochemistry and soil science*. 90. 13–28.

5. Primak, I. D., Levandovskyi, S. M., Panchenko, O. B. Panchenko, I. A., Voytovyk, M. V., Karpenko, V. G., Martynyuk I. V. (2019). Biological activity of typical chernozem under different systems main cultivation and fertilization of short-rotation crops. *Agrobiology*. 2. 43–58.

6. Soil fertility management under conservation agriculture: monograph / L. V. Tsentilo, S. P. Tanchyk, O. A. Tsyuk. Vinnytsia: TVORY LLC, 2021. 364.

7. Tsentilo, L.V. (2019). Biological activity under different systems of sunflower fertilization and tillage. *Taurian Scientific Herald*. 108. 17–22.

8. Yurkevich, E. O., Shchetnikova, L. A. (2019). Biological activity of soil under winter wheat in different stages of short-rotational crop rotations in the conditions of the Danube

Steppe of Ukraine. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Region*. 92. 11–18.

9. Demyanyuk, O. S., Patyka, V. P., Sherstoboeva, O. V., Bunas, A. A. (2018). Formation of the structure of microbiocenoses of soils agroecosystems depending on trophic and hydrothermic factors *Biosystems diversity*. 26 (2). 103–110.

10. Krzysko-Lupicka, T., Krecidlo, L., Krecidlo, M. (2016). The comparison of cellulolytic activity of the modified soil treated with roundup. *Chem didactecol metrol*. 21. (1-2). 133–139.

11. Syshchykov, D. V., Agurova, I. V., Syshchykova, O. V. (2021). Features of the Formation of Biological and Cellulosolytic Activity in Soils of Anthropogenous Transformed Ecosystem. *Darnios aplinkos vystymas*. 1(18). 99–107.

12. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., & Maliarchuk, M. P. (2014). *Metodyka pol'ovykh i laboratornykh doslidzhen' na zroshuvanykh zemlyakh* [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]. Hrin' D.S., Kherson: 285.

## BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOY AGROCENOSE SOIL DEPENDS ON FERTILIZER SYSTEMS AND ITS PROCESSING

M. Voitovyk, M. Zhovtun

**Abstract.** *The purpose of the research was to identify the influence of mineral and organo-mineral fertilization systems during the main cultivation on changes in the biological activity of the arable layer of chernozem typical in the soybean agrocenosis of the five-field grain-row rotation of the Forest Steppe of Ukraine. The research was conducted during 2016–2020 on a typical deep low-humus chernozem of the Belotserkiv National Scientific Research Field. Three tillage systems were studied: differentiated, shelf-less and shallow, and three fertilization systems: without the use of fertilizers, organo-mineral and mineral.*

*It was established that the highest biological activity of typical chernozem in soybean crops in May was recorded during shelf-less tillage. The most pronounced differentiation of the arable layer was observed during shallow tillage. The difference in the weight loss of the linen cloth in the upper and lower parts of one layer of typical chernozem was 2,7% for differentiated, 7,7% - shelf-less, and 8,5% - shallow tillage.*

*The release of carbon dioxide from the soil in soybean agrocenosis in May is significantly higher than shelf-less tillage by 5,8%, shallow tillage without tillage by 2,7% compared to differentiated tillage.*

Войтовик М. В., Жовтун М. В.

*Under the mineral fertilization system, the release of CO<sub>2</sub> by the soil increased by 16,7–18,8% compared to the option without the use of fertilizers.*

**Keywords:** *release of carbon dioxide, linen fabric, cellulose-degrading capacity, soil*

**How to Cite:** Voitovyk, M., & Zhovtun, M. (2024). Biological activity of soy agrocenose soil depends on fertilizer systems and its processing. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.024](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.024)

## ДИНАМІКА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ ТА СУХОЇ РЕЧОВИНИ ЕСПАРЦЕТУ ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ

Б. І. АВРАМЧУК, здобувач

E-mail: avramchuk@lifebiochem.com

Г. І. ДЕМИДАСЬ, доктор сільськогосподарських наук, професор,

E-mail: demydas@nubip.edu.ua

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.010](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.010)

**Анотація.** Багаторічним бобовим травам належить провідна роль у вирішенні проблеми кормового білка. Крім того, завдяки біологічній фіксації атмосферного азоту вони в сучасних умовах є основою біологічного землеробства. Серед ряду багаторічних трав на належну увагу заслуговує еспарцет посівний, який характеризується сталою врожайністю зеленої маси, значно меншою вибагливістю до родючості ґрунтів, а також гарним медоносом та лікарською рослиною. Стаття присвячена обговорення результатів впливу формування урожайності зеленої маси та сухої речовини еспарцету посівного залежно від впливу елементів технології. Найвища урожайність зеленої маси та сухої речовини за 2 укоси сформувалась перед скошуванням у фазу бутонізація-початок цвітіння за норми висіву 6 млн шт./га, ширини міжрядь 30 см та удобрення  $N_{30}P_{60}K_{90}$ , що становила відповідно зеленої маси 43,4 т/га і сухої речовини 11,0 т/га. Нами встановлено, що вплив досліджуваних факторів був не однаковим. Найвищі показники врожайності встановлено за норми висіву 6 млн шт./га, збільшення до 7 млн шт./га або зменшення до 5 млн шт. га сприяли зниженню урожайності. Найменші показники врожайності відмічені на контролях за норми висіву 5 млн шт./га – 37,1 т/га і суха речовина 8,1 т/га. Найвищі за норми висіву 6 млн шт./га – 38,4 т/га і суха речовина 8,7 т/га. Збільшення норми висіву до 7 млн шт./га не підвищувало врожайність, а призводило до її деякого зниження – 37, 8 т/га і суха речовина 8,6 т/га. Не менш важливим виявився фактор удобрення. При додаванні азоту до фосфорно-калійних добрив  $N_{30} P_{60} K_{90}$  нами зафіксована найвища врожайність 43,4 т/га і сухої маси 11,0 т/га. При збільшення азоту до  $N_{45} P_{60} K_{90}$  врожайність зеленої маси залишалася на тому ж рівні проте вміст сухої речовини децю зменшився – 10,8 т/га.

**Ключові слова:** урожайність, суха речовина, еспарцет посівний, норми висіву, способи сівби, удобрення

### Вступ. Постановка проблеми.

Однією з багаторічних бобових трав, яка може успішно конкурувати з люцерною, – є еспарцет посівний.

Дефіцит білка в кормах

призводить до значних перевитрат їх на виробництво одиниці тваринницької продукції та

Аврамчук Б. І., Демидась Г. І.

підвищенню її собівартості., вихід із становища можливий за збільшення в структурі посівів багаторічних трав. Спостерігається закономірність, що чим більше бобових травостоїв, тим вища якість заготовлі кормів (Рудницький, 2023).

Підвищення продуктивності кормів шляхом запровадження вирощування еспарцету посівного у створенні кормових угідь дає можливість збільшити продуктивність та зменшити собівартість заготівлі високоякісних кормів.

Перевага еспарцету посівного над однорічними кормовими культурами проявляється при настанні весняно-літньої посухи. Посухостійкість еспарцету обумовлена великим поглинанням вологи з нижніх шарів ґрунту за рахунок розвитку потужної кореневої системи (Демидась, Свистунова, Лихошерст, 20018; Коваленко, & Бойко, 2023).

Сходи – відростання люцерни, конюшини, лядвенцю рогатого через вплив високої температури та відсутності вологи в орному шарі випадають та гинуть, а еспарцет за рахунок накопичення і утримування вологи в ґрунті в осінньо-зимовий період забезпечує високий урожай повноцінного корму (Антипова, 2018; Коваленко, 2020).

Для продуктивності виробництва кормів і тваринницької продукції необхідно впроваджувати в кормову

сівозміну багаторічні трави, зокрема еспарцет посівний. Забезпечення тваринництва зеленим кормом та сіном, підвищують економічну ефективність вирощування (Тарасенко, 2007; Демидась, Лихошерст, Свистунова, 2017).

За впровадження інтенсивних технологій вирощування багаторічних трав потрібно особливу увагу приділяти нормам висіву, способам сівби та удобренню. Створюється оптимальна площа живлення, формується збереженість, висота, густина, кількість продуктивних стебел, структура, листкова поверхня та чиста продуктивність фотосинтезу Гудима, 2004; Демидась, Квітко., Коваленко, 2013). Забезпечені оптимальні умови сприяють повному використанню генетичних можливостей культури еспарцету посівного, що проявляється в одержанні високоякісного врожаю.

**Метою досліджень** було вивчити вплив різних способів сівби, норм висіву та удобрення на формування врожайності зеленої маси та сухої речовини еспарцету посівного.

**Матеріали і методи досліджень.** Польові дослідження проводилися протягом 2011-2013 рр. на дослідних ділянках ВП НУБіП «Агрономічна дослідна станція», що знаходиться в селі Пшеничному, Васильківського району, Київської області, Правобережного Лісостепу України..

Аврамчук Б. І., Демидась Г. І.

Ґрунт на дослідному полі – чорнозем типовий малогумусний, за гранулометричним складом крупнопилувато-середньосуглинковий. До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37 % фізичної глини; 63 % піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані 1,16-1,25 г/см<sup>3</sup>. Вміст гумусу – 4,58 %.

Схема дослідів передбачала вивчення дії та взаємодії трьох факторів: А – норма висіву; В – спосіб сівби; С – удобрення. Агротехніка у досліді – загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України. Площа облікових ділянок – 25 м<sup>2</sup>, повторність чотириразова.

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземах типових для забезпечення максимальної продуктивності зеленої маси 2 укосів та накопичення маси кореневої системи рослин еспарцету посівного застосовували наступні елементи технології: Висівали еспарцет посівний із різними нормами 5;6;7 млн шт./га, різними способами сівби 7,5; 15; 30; 45 см та різним фоном удобрення: (контроль без добрив); Р<sub>60</sub> К<sub>90</sub>; N<sub>30</sub> Р<sub>60</sub> К<sub>90</sub>; N<sub>45</sub> Р<sub>60</sub> К<sub>90</sub>. Підживлення мінеральними добривами початок весняної вегетації та після першого укосу. Для ефективного заробляння мінеральних добрив у ґрунт та знищення ґрунтової

кірки застосовувати ротаційну борону. У виконанні експериментальної частини досліджень використовували рекомендації В. О. Єщенко (Єщенко, 2014).

Статистичну обробку отриманих результатів виконували в програмі Microsoft Office Excel.

### **Результати досліджень.**

Урожайність зеленої маси та сухої речовини еспарцету посівного значною мірою залежить від елементів технології: норми висіву, способів сівби та удобрення. Дослідженнями встановлено, що максимальне накопичення врожайності зеленої маси та сухої речовини спостерігалось до скошування у фазі бутонізація-початок цвітіння. Забезпечені оптимальні умови сприяють повному використанню генетичних можливостей культури еспарцету посівного, що проявляється в одержанні високоякісного врожаю зеленої маси та сухої речовини (табл.1).

Нами встановлено, що вплив досліджуваних факторів був не однаковим. Найвищі показники врожайності встановлені за норми висіву 6 млн шт./га, збільшення до 7 млн шт./га або зменшення до 5 млн шт. га сприяли зниженню урожайності.

# 1. Урожайність травостою еспарцету посівного в середньому за 2011 – 2013 роки, т/га

Ширина міжрядь, см	Доза добрив, кг/д.р.	Норми висіву, млн шт./га					
		5		6		7	
		зелена маса	суха речовина	зелена маса	суха речовина	зелена маса	суха речовина
7,5	Без добрив	37,1	8,1	38,4	8,7	37,8	8,6
	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	37,5	8,3	39,2	8,7	38,3	8,7
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	38,2	8,5	39,7	9,1	39,2	8,9
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	38,1	8,4	39,4	8,9	39,0	8,8
15	Без добрив	39,1	9,0	40,6	9,4	39,6	9,2
	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	39,4	9,2	40,9	9,6	40,4	9,4
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	40,2	9,5	41,6	9,9	41,0	9,7
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	40,0	9,4	41,4	9,8	40,9	9,6
30	Без добрив	40,5	9,8	42,2	10,3	41,3	10,0
	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	41,0	10,0	42,6	10,4	41,6	10,2
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	41,6	10,7	<b>43,4</b>	<b>11,0</b>	42,4	10,8
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	41,3	10,6	43,4	10,8	42,2	10,7
45	Без добрив	39,7	9,6	41,3	10,0	40,8	9,8
	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	40,2	9,9	42,1	10,2	41,3	10,0
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	41,0	10,2	42,7	10,8	42,0	10,6
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	40,8	10,1	42,5	10,5	41,9	10,4
	Середнє	39,7	9,5	41,3	9,9	40,6	9,7
	Sx	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2
	V%	3,5	8,6	3,7	7,6	3,5	7,5
	S	1,4	0,8	1,5	0,8	1,4	0,7
	НІР <sub>05</sub>	1,2	0,6	1,3	0,7	1,2	0,5

Найменші показники врожайності відмічені на контролях за норми висіву 5 млн шт./га – 37,1 т/га і суха речовина 8,1 т/га. Найвищі за норми висіву 6 млн шт./га – 38,4 т/га і суха речовина 8,7 т/га. Збільшення норми висіву до 7 млн шт./га не підвищувало врожайність, а призводило до її деякого зниження – 37,8 т/га і суха речовина 8,6 т/га.

Не менш важливим виявився фактор ширина міжрядь. На контролях встановлено, за норми висіву 6 млн шт./га, врожайність підвищувалася із збільшенням ширини міжрядь. При ширині

міжрядь 7,5 см – 38,4 т/га і суха речовина 8,7 т/га; при – 15 см – 40,6 т/га і 9,4 т/га; при – 30 см відмічені найвищі показники 42,2 т/га і 10,3 т/га; при – 45 см деяке зниження 41,3 т/га і 10,0 т/га.

На варіантах з нормою висіву 6 млн шт./га, ширині міжрядь 30 см застосування лише фосфорно-калійних добрив P<sub>60</sub> K<sub>90</sub> сприяли приросту врожайності – 42,6 т/га і сухої маси 10,4 т/га. При додаванні азоту до фосфорно-калійних добрив N<sub>30</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub> нами зафіксована найвища врожайність 43,4 т/га і сухої маси 11,0 т/га. За збільшення азоту до N<sub>45</sub>

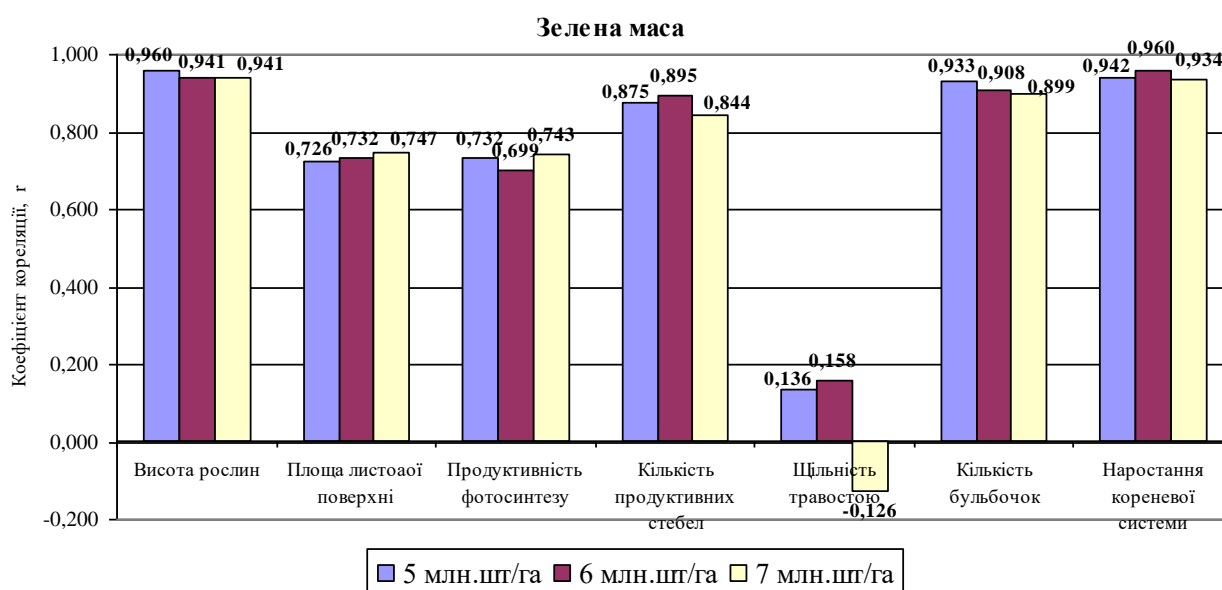
Аврамчук Б. І., Демидась Г. І.

$P_{60} K_{90}$  врожайність зеленої маси залишалася на тому ж рівні проте вміст сухої речовини дещо зменшився – 10,8 т/га.

Отже, наші дослідження показали, що культура еспарцету посівного, позитивно реагує на внесення невеликої норми добрив –  $N_{30} P_{60} K_{90}$  на перших етапах початку відростання в періоди весняної вегетації або відразу після

скошування, а далі забезпечує себе азотом за рахунок азотфіксації за норми висіву 6 млн шт./га і ширині міжрядь 30 см.

Для підтвердження вище сказаного, ми встановили кореляційний зв'язок урожайності зеленої маси і сухої речовини травостою еспарцету посівного з кількісними показниками (рис. 1., 2).



**Рис. 1. Кореляційний зв'язок урожайності зеленої маси травостою еспарцету посівного з кількісними показниками, в середньому за 2011 – 2013 роки**

Коефіцієнт кореляції – показник, який використовують для вимірювання щільності зв'язку між результативними і факторними ознаками у кореляційно-регресійній моделі за лінійної залежності.

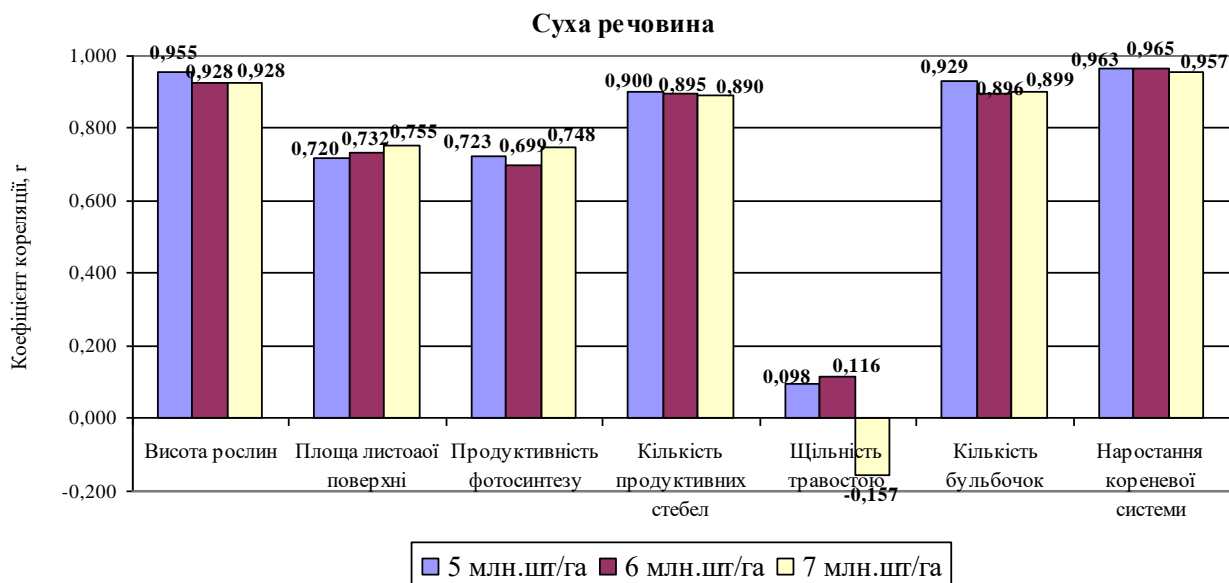
Слабка залежність коефіцієнта кореляції від 0 до 0,333. Нами встановлено, що найменший вплив на врожайність мала щільність травостою. Проте деяка залежність

впливу спостерігалась при збільшенні норми висіву від 5 до 6 млн шт./га, а при 7 млн шт./га – зниження (- 0,126).

Середній рівень зв'язку від 0,333 до 0,666 нами не зафіксовано. Тісний кореляційний зв'язок від 0,666 до 1,000. Наші дослідження показали, що величину формування врожаю вплинули показники: площа листової поверхні, чиста продуктивність фотосинтезу, кількість продуктивних

Аврамчук Б. І., Демидась Г. І.

стебел, бульбочок, наростання комплексі забезпечили високу кореневої системи та висоти, що в продуктивність травостою.



**Рис. 2. Кореляційний зв'язок урожайності сухої маси травостою еспарцету посівного з кількісними показниками, в середньому за 2011 – 2013 роки**

**Висновок:** Нами встановлено, що вплив кореляційної залежності показників на накопичення зеленої маси та сухої маси врожаю особливо не змінився. Слабкий кореляційний зв'язок відмічений за впливу щільності травостою. Всі інші показники мали тісний кореляційний зв'язок з накопиченням сухої маси врожаю.

В умовах Правобережного Лісостепу України, що найвища урожайність зеленої маси та сухої речовини сформувалась перед скошуванням у фазу бутонізація-

#### Список використаних джерел

1. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії Вінниця. 2014. 332 с.

початок цвітіння за норми висіву 6 млн шт./га, ширини міжрядь 30 см та удобрення  $N_{30}P_{60}K_{90}$ , що становила відповідно зеленої маси 43,4 т/га і сухої речовини 11,0 т/га. Нами досліджено, що культура еспарцету посівного, позитивно реагує на внесення невеликої норми добрив –  $N_{30} P_{60} K_{90}$  на перших етапах початку відростання в періоди весняної вегетації або відразу після скошування, а далі забезпечує себе азотом за рахунок азотфіксації за норми висіву 6 млн шт./га і ширині міжрядь 30 см.

2. Тарасенко О.А. Ефективність вирощування еспарцету першого року життя залежно від способу сівби та норми висіву насіння. Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. Дніпропетровськ, 2007. № 30. С. 112-114.

Аврамчук Б. І., Демидась Г. І.

3. Демидась Г.І., Свистунова І.В., Лихошерст Е.С. Інтенсивність наростання вегетативної маси еспарцету залежно від видового складу та мінерального живлення. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія. 2018. Вип. 294. С. 16-24.

4. Рудницький Б.О. Удосконалення елементів технологій вирощування бобових трав на корм та насіння. Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2003. Вип. 51. С. 43-51

5. Гудима А.Д. Білоцерківський сільськогосподарський Інститут. Вплив С. 35–41.

8. Коваленко В. П. Агробіологічні основи підвищення продуктивності багаторічних бобових трав у різних ґрунтово-кліматичних зонах України: автореф. д. с.-г. н. Херсон. 2020. С. 13-20.

9. Коваленко В. П., Бойко М.І., Вивчення різноманітності генетичних ресурсів люцерни посівної у залежності від умов вирощування. Науковий вісник НУБіП України. № 243. 2023. С. 66-72. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.26>

10. Демидась Г.І., Лихошерст Е.С., Свистунова І.В., Еспарцет -перспективна культура в кормовиробництві. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія. 2017. Вип. 269. С. 17-23.

### References

1. Yeshchenko V. O. (2014). Basics of scientific research in agronomy edited by. Vinnitsa. 332 p.

2. Tarasenko O.A. *The efficiency of growing asparagus in the first year of life depends on the method of sowing and the rate of seed sowing*. Bul. Institute of grains. State University of Ukraine. Dnipropetrovsk, 2007. No. 30. 112-114.

3. Demidas G.I., Svystunova I.V., Lyhosherst E.S. (2018). The intensity of growth of the vegetative mass of safflower depending on the species composition and mineral nutrition. *Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Series: Agronomy*. Issue 294. 16-24.

мікроелементів на ріст, розвиток га урожай зеленої маси еспарцету. Вісник сільськогосподарської науки. №33. 2004. С. 26.

6. Демидась Г.І., Квітко Г.П., Коваленко В.П. Багаторічні бобові трави як основа природної інтенсифікації кормовиробництва. К. Центр учбової літератури, 2013. С. 283-290.

7. Антипова Л. К. Багаторічні трави – важлива складова екологічного землеробства і кормовиробництва. Вісник аграрної науки. Причорномор'я. 2018. Вип. 4,

4. Rudnytskyi V.O. (2003) Improvement of elements of technologies for growing legumes for fodder and seeds. *Fodder and fodder production: interdisciplinary. subject of science coll. Vinnytsia*. Issue 51. 43-51

5. Gudyma A.D. (2004). Bilotserk Agricultural Institute. Influence of trace elements on the growth, development and yield of the green mass of safflower. *Bulletin of agricultural science*. No. 33. 26.

6. Demidas G.I., Kvitko G.P., Kovalenko V.P. (2013). Perennial legumes as a basis for natural intensification of fodder production. *Center of educational literature*, 283-290.

7. Antipova L. K. (2018). Perennial grasses are an important component of ecological agriculture and fodder production. *Herald of Agrarian Science*. Black Sea coast. Issue 4. 35–41.

8. Kovalenko V.P. (2020). *Agrobiological basis of increasing the productivity of perennial legumes in different soil and climatic zones of Ukraine*: (d. s.-g. N. Kherson).

9. Kovalenko V.P., Boyko M.I., (2023) Study of the diversity of genetic resources of seed alfalfa depending on growing conditions. *Scientific bulletin of NUBiP of Ukraine*. No. 243. 2023. P. 66-72. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.26>

10. Demidas G.I., Lykhosherst E.S., Svystunova I.V., (2017) Asparagus - a promising crop in fodder production. *Scientific bulletin of NUBiP of Ukraine. Series: Agronomy*. Issue. No 269. 17-23.

## DYNAMICS OF GREEN BIOMASS AND DRY MATTER YIELD FORMATION IN ESPARCET AS AFFECTED BY ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY

B. Avramchuk, H. Demydas

**Abstract.** *Perennial legume crops are crucial for solving the problem of feed protein. In addition, due to the ability to fix atmospheric nitrogen, they constitute the basis of biological farming in today's agriculture. Among a number of perennial legume crops, esparcet deserves special attention, as it ensures a steady yield of green biomass. It is not highly demanding on soil fertility. Also, it is a good honey plant and medicinal crop. The article discusses the influence of the elements of cultivation technology on the yield of green biomass and dry matter in esparect. The highest yields of green biomass and dry matter of the biomass for 2 harvests were obtained for harvesting at the start of the budding stage at a sowing rate of 6 million seeds/ha, a row width of 30 cm, and the application of fertiliser  $N_{30}P_{60}K_{90}$ : 43.4 t/ha of green biomass and 11.0 t/ha of dry matter. We found that the influence of the studied factors was not the same. The highest yields were obtained at a sowing rate of 6 million seeds/ha, while an increase in the sowing rate to 7 million seeds/ha or a decrease to 5 million seeds/ha led to a decrease in yield. The lowest yields were recorded in a control treatment at a sowing rate of 5 million seeds/ha: 37.1 t/ha of green biomass and 8.1 t/ha of dry matter. The highest yields were obtained at a sowing rate of 6 million seeds/ha: 38.4 t/ha of green biomass and 8.7 t/ha of dry matter. An increase in the sowing rate to 7 million seeds/ha did not increase the yield, but led to a slight decrease in the yield of dry biomass and dry matter: 37.8 t/ha and 8.6 t/ha, respectively. The factor of fertilisation was less influent. When nitrogen was added to the phosphorus-potassium fertiliser  $N_{30}P_{60}K_{90}$ , we recorded the highest yields: 43.4 t/ha of dry biomass and 11.0 t/ha of dry matter. With an increase in nitrogen rate to  $N_{45}P_{60}K_{90}$ , the yield of green biomass remained at the same level; however, the yield of dry matter slightly decreased to 10.8 t/ha.*

**Key words:** *yield, dry matter, safflower seed, sowing rates, sowing methods, fertilizers*

**How to Cite:** Avramchuk, B., & Demydas, H. (2024). Dynamics of green biomass and dry matter yield formation in esparcet as affected by elements of cultivation technology. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.010](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.010)

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

УДК: 631.527.5:631.11 «324»:631.559

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ВРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ  
ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ОРИГІНАТОРА ГРУПИ  
КОМПАНІ SAATEN-UNION GmbH**

**А. В. ШИПП**, магістр, агроном з дослідної роботи  
**ТОВ «НПЦ СЕРВІС»**

E-mail: anatoliy.shypp@outlook.com

**Г. М. КОВАЛИШИНА**, доктор сільськогосподарських наук, професор  
<https://orsid.org/0000-0002-2715-7679>

**Національний університет біоресурсів і природокористування України**

E-mail: hkovalyshyna@gmail.com

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.011](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.011)

**Анотація:** У даній статті на основі польових досліджень наведено результати потенціалу врожайності гібридів пшениці Хюбері та Гімалая. Проведено порівняння гібридів за цінними господарськими ознаками. Дослідження з вивчення гібриду Хюбері проводили у 2014-2016 рр., а гібриду Гімалая – у 2020-2022 рр. Фенологічні спостереження за посівами пшениці озимої та стійкість проти основних збудників хвороб та шкідників проводили за загальноприйнятими методиками. У результаті проведених досліджень встановлено, що гібриди сформували вищі показники урожайності, у порівнянні зі стандартом, мали вищі показники якості зерна, а також стійкості до біотичних та абіотичних факторів. Гібрид пшениці Хюбері перевершує середні показники врожайності в усіх агрокліматичних зонах і відрізняється високою зимостійкістю, стійкістю до вилягання та обсипання зерна, а також іншими важливими характеристиками. Гібрид нового покоління Гімалая вирізняється не лише своєю найвищою урожайністю серед усіх тестованих гібридів, але й високою якістю зерна. Цей гібрид дозволяє отримати зерно вищого класу (А) з високим вмістом білка. Для гібрида Гімалая відмічено високу стійкість проти найбільш поширених збудників хвороб та стресових умов у всіх зонах вирощування. Проведені дослідження дозволяють визначити переваги та недоліки кожного гібриду, а також виявити можливості використання нових гібридів для підвищення продуктивності пшениці.

**Ключові слова:** пшениця озима, гібриди, Хюбері, Гімалая, стійкість, якість, продуктивність, вологість зерна, зимостійкість, коефіцієнт куціння, стійкість до вилягання

**Актуальність:** Сільське господарство є однією із ключових галузей економіки, що забезпечує людство продуктами харчування. Пошук ефективних та стійких сортів і

гібридів культурних рослин стає актуальним завданням сучасної аграрної науки та практики. Серед цих рослин найважливішою є пшениця, яка відіграє вирішальну

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

роль у забезпеченні світового населення хлібом.

Пшениця є однією з перших культур, яку окультурено декілька мільйонів років тому. Пшеницю культивують на п'яти континентах Земної кулі. За площами посіву перше місце посідає Індія (до 30 млн. га), далі ідуть Китай (26 млн. га), США (19-23 млн. га), Австралія (11-13 млн. га) та Канада (9-11 млн. га). Всього у світі висівають від 220 до 230 млн. га (Черенков, Гасанова & Солодушко, 2014). Пшениця озима відноситься до найважливіших зернових культур в Україні, є головною продовольчою культурою і за посівними площами займає перше місце (Мостіпан, 2015). Площі посіву в Україні щороку сягають близько 6-7 млн га (крім 2022/2023 та 2023/2024 вегетаційних років), що становить четверту частину усієї ріллі України.

Україна є потужним виробником та експортером пшениці. Значення пшениці важко оцінити, адже з неї виготовляють цінний продукт – хліб, а також кондитерські та макаронні вироби, борошно і крупу. Пшениця має цінне господарське значення, так як її використовують у різних галузях, зокрема, кормовиробництві та переробці. Пшеничний хліб є запорукою енергії через його поживність та велику кількість висококалорійних органічних сполук – макро- та мікроелементів, білків, жирів та вуглеводів.

Пшениця є хорошим компонентом для будь-якої сівозміни, а чисельні різновиди сортів та гібридів дозволяють вирощувати її практично за будь-яких ґрунтово-кліматичних умов та інтенсивності технології. Сільськогосподарські виробники вирощують переважно пшеницю озиму, адже вона використовує запаси зимово-весняної вологи та формує більший врожай, ніж яра, але остання є менш затратною за технологією вирощування.

У Державному реєстрі зареєстровано велику кількість різноманітних сортів, яку в 2016 р. доповнила гібридна пшениця (Державний реєстр сортів рослин, 2016, <https://www.sops.gov.ua>). У порівнянні із сортовою пшеницею, вона має більш високий потенціал урожайності, високий коефіцієнт кущіння, меншу норму висіву, володіє високою стійкістю проти хвороб та негативних чинників довкілля, високу зимостійкість, високий вміст білку та більш ефективно використання ресурсів, що дає можливість вирощувати гібридну пшеницю за будь-яких умов.

Одним із головних напрямків удосконалення селекції пшениці є використання гібридної технології. Впровадження нових гібридів пшениці вирішує завдання підвищення врожайності, покращення стійкості до стресових умов та підвищення якості зерна. У

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

цьому контексті проведення порівняльного аналізу потенціалу врожайності різних гібридів пшениці стає важливою складовою стратегії розвитку сільського господарства ([www.nordsaat.de](http://www.nordsaat.de)).

Гібриди пшениці озимої групи компаній SAATEN-UNION GmbH представляють значний інтерес для сільськогосподарської галузі та відрізняються високою потенційною врожайністю та стійкістю до стресових умов. Група компаній SAATEN-UNION GmbH спеціалізується на селекції сортів зернових, зокрема гібридної пшениці, лінійної пшениці та гібридного ячменю. Їхні гібриди відзначаються не лише високою урожайністю, а й відмінною стійкістю до стресових умов, та високою стійкістю проти шкідників та хвороб.

Одним із ключових факторів успіху групи компанії SAATEN-UNION GmbH є її партнерство та співпраця в альянсі «Breeding For Europe» ([www.asur-plantbreeding.com](http://www.asur-plantbreeding.com)). Ця співпраця дозволяє обмінюватися навичками, генетичним матеріалом та технічними засобами, що сприяє створенню ще більш адаптованих гібридів пшениці для всієї Європи.

Таким чином, гібриди пшениці озимої мають великий потенціал, це дозволяє забезпечити стабільні та високі врожаї, допомагаючи фермерам ефективно вирощувати

культури навіть у важких умовах, що включають стресові фактори.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Із зростанням ролі генетичних та молекулярних досліджень, основні методи досліджень були спрямовані на підвищення продуктивності та стійкості пшениці до біотичних та абіотичних факторів. Ключовими напрямками стали генетичні та молекулярні методи, які дозволяли точніше маніпулювати генетичною матрицею культури. У своїх дослідженнях Снейп Ж.В. та Ворланд А.Ж. запропонували огляд сучасних методів, що об'єднували традиційну селекцію з новітніми молекулярними технологіями (Снейп та ін., 2002).

Одним із таких методів була маркер-асоційована селекція (MAS), яка дозволяла визначати та вибирати генотипи, тобто комбінації генів у різних організмах, що мають необхідні властивості. Молекулярні методи дослідження включають у себе полімеразно ланцюгову реакцію (ПЛР), секвенування ДНК, а також аналіз різноманітних молекул та біомаркерів. Вони дозволяють досліджувати генетичну структуру пшениці на молекулярному рівні, що відкриває нові можливості для вибору та розведення сортів із покращеними характеристиками.

У середині 2000-х років акцент було зроблено на інтеграцію біотехнологій у селекційні програми. Ruth Wanyera and Geoffrey O. S.

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

Mosigisi описали використання генетично модифікованих організмів (ГМО) для створення нових гібридів пшениці (Wanyera & Mosigisi, 2005). Ці технології дозволяють швидше отримувати сорти з покращеними характеристиками, такими як вищі показники врожайності, стійкості проти шкідливих організмів та стресових умов довкілля. Підкреслюючи важливість поєднання гібридизації з ефективними методами управління польовими культурами, автори зазначили, що оптимізація добрив та захисту рослин є ключовими аспектами для забезпечення стабільної врожайності та якості продукції. Це включає в себе раціональне використання ресурсів, вчасне застосування пестицидів та впровадження сучасних методів обробітку ґрунту, які сприяють збільшенню врожаю та зниженню втрат від шкідників та хвороб.

На початку 2010-х років важливим напрямком досліджень стали геноміка та використання молекулярних маркерів. D. P. Singh та M. S. Shekhawat розглянули роль новітніх геномних технологій, зокрема секвенування наступного покоління (NGS), у підвищенні ефективності селекційних програм (Singh & Shekhawat, 2011). За допомогою секвенування наступного покоління (NGS) дослідники можуть розкрити послідовність генів, що контролюють важливі цінні господарські властивості, такі як

стійкість проти хвороб та посухи. Ці дані є основою для створення нових сортів пшениці з покращеними характеристиками. Молекулярні маркери можуть вказати на наявність гена, що забезпечує рослині стійкість проти хвороби. Вони є важливим інструментом у генетичних дослідженнях та селекції, оскільки дозволяють визначити генетичні особливості організмів швидко та ефективно. Застосування молекулярних маркерів разом із геномними технологіями підвищує точність та швидкість селекційних процесів, що сприяє вибору оптимальних генотипів для подальшого розвитку нових сортів пшениці.

У середині 2010-х років вивчення ефективності гібридних агентів у селекції пшениці набуло великого значення. Amanda C. Easterly та інші (Easterly et al., 2014), провели комплексне дослідження впливу різних гібридних агентів на пшеницю. Дослідники зосередились на вивченні фізіологічних та морфологічних характеристик рослин за участю різних гібридних агентів. Це включало аналіз таких параметрів, як ріст, розвиток кореневої системи, квіткова та плодоносна структура рослин. Застосування різних гібридних агентів мало великий потенціал для створення гібридів із покращеними характеристиками.

Дослідження впливу гібридних агентів на пшеницю та інші

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

сільськогосподарські культури дозволяє розробляти ефективніші стратегії селекції для створення нових сортів із покращеними властивостями. Це є важливим аспектом для забезпечення продовольчої безпеки в умовах зростаючої популяції та змін клімату, оскільки дозволяє збільшити врожайність та зменшити залежність сільськогосподарських культур від впливу негативних зовнішніх факторів.

У кінці 2010-х років спостерігалось значне розширення використання геномних технологій у селекції пшениці. Одним із ключових напрямків досліджень стали геномні технології та біотехнології. Pushpendra K. Gupta and Rajeev Varshney, висвітлили значення технологій редагування геному, зокрема CRISPR-Cas9, у селекції пшениці. CRISPR-Cas9 – це потужний інструмент генетичного редагування, який дозволяє вносити точні зміни в геном рослин (Gupta & Varshney, 2019). Ці технології дозволяють змінювати або модифікувати конкретні гени, що контролюють важливі цінні господарські властивості, такі як стійкість проти захворювань, шкідників або стресових умов.

Використання геномних технологій, у поєднанні з біотехнологіями, дозволяє швидко та ефективно створювати нові гібриди з покращеними властивостями. Це

може включати підвищену врожайність, зменшення впливу шкідливих факторів навколишнього середовища та покращення якості зерна. Такі технології відкривають нові можливості для розвитку стійких та продуктивних сортів пшениці, що є важливим аспектом для забезпечення продовольчої безпеки в умовах зростаючого попиту та змін клімату.

На початку 2020-х років використання генетичної різноманітності стало одним із ключових напрямків досліджень у селекції пшениці. Matthew P. Reynolds, Rajiv K. Varshney and Henry T. Nguyen розглянули стратегії використання генетичних ресурсів для підвищення продуктивності та стійкості пшениці до стресових факторів (Reynolds, Varshney, & Nguyen, 2020).

Одним із головних аспектів дослідження була інтеграція геномних даних та біотехнологій у селекційні програми. Це включало аналіз генетичних маркерів, секвенування генома та використання біотехнологій для модифікації генетичного матеріалу пшениці. Ці підходи дозволяють виявляти та використовувати корисні гени, які відповідають за певні цінні господарські властивості, такі як врожайність, стійкість проти хвороб, посухи та стресу.

Особлива увага приділялася розробці гібридів, які поєднували в собі корисні властивості різних ліній

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

пшениці. Це дозволяє створювати нові гібриди з покращеними характеристиками, що можуть виявитися більш продуктивними та стійкими до несприятливих умов вирощування.

Застосування таких підходів у селекції пшениці у 2020-х роках має великий потенціал для підвищення продуктивності та стійкості цієї важливої культури, що є критичним для забезпечення продовольчої безпеки в умовах зростаючої популяції та змін клімату.

Таким чином, дослідження гібридизації пшениці з 2000-х років по теперішній час засвідчують про значний прогрес у створенні нових сортів, що поєднують високу врожайність, стійкість проти хвороб та шкідників, а також поліпшену якість зерна, завдяки використанню генетичних, молекулярних та біотехнологічних методів.

**Мета** даної роботи полягала у проведенні аналізу нового покоління гібридів пшениці озимої від групи компанії SAATEN-UNION GmbH за їх урожайністю та на основі отриманих даних внутрішніх досліджень компанії ТОВ «НПЦ Україна» вказати на їх переваги.

**Матеріали і методи.** Дослідження з гібридною пшеницею в Україні проводили, починаючи з 2014 року і охопили період 2020-2022 рр. Дослідження проводили в різних кліматичних зонах України на базі дослідно-селекційних станцій НААН,

а також локаціях внутрішніх дослідів компанії ТОВ "НПЦ України".

Об'єктом досліджень були гібриди пшениці озимої, зокрема, показники виробничої діяльності та якісні характеристики гібридів Хюбері (2014-2016 рр.) та Гімалая (2020-2022 рр.) від групи компанії SAATEN-UNION GmbH. Ці дослідження включали оцінку врожайності, стійкості до стресових умов та захворювань, а також інших показників, що визначають продуктивність та якість пшениці.

Локації польових досліджень розподілені згідно агрокліматичних зон України та розташуванням закладів експертизи в зоні Полісся, Лісостепу та Степу України.

Ґрунти у цих трьох зонах різняться за вмістом органічних речовин, кислотністю та родючістю. У зоні Степу переважають родючі чорноземи, у Лісостепу – кислі опідзолені ґрунти та чорноземи на лесових породах, а в Поліссі – дерново-підзолисті ґрунти, болотні та торфувато-болотні ґрунти, які характеризуються високим вмістом органічних речовин.

Фенологічні спостереження за посівами пшениці озимої проводили за загальноприйнятими методиками (Методика проведення експертизи та державного сортовипробування рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур, 2003). Висоту рослин визначали в польових умовах, як середнє трьох замірів перед

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

збиранням. Оцінку стійкості до вилягання визначали перед збиранням за 9-ти бальною шкалою. Стійкість проти хвороб та шкідників визначали за загальноприйнятою методологією (Трибель та інші, 2010).

Основний і передпосівний обробіток ґрунту проводили відповідно до зональних рекомендацій, приділяючи при цьому увагу застосуванню протиерозійних та вологозберігаючих заходів. На полях із кислими ґрунтами обов'язково вносили вапно-матеріали (дефекат). Під час вегетації проводили підживлення азотними добривами. Строки та норми підживлень встановлювали диференційовано для кожної зони, а для озимих – з урахуванням часу відновлення весняної вегетації.

Зерно збирали селекційним комбайном ZÜRN 110, WINTERSTEIGER Delta, відповідно під час збору обліковували вагу насіння із ділянки, а також проводили аналіз вмісту білка та вологи.

**Результати.** Дослідження із вивчення потенціалу урожайності гібриду Хюбері проводили у 2014-2016 рр. Гібрид пшениці Хюбері є високоврожайним та має відмінну

стійкість рослин проти абіотичних і біотичних чинників (рис. 1). При своєчасному посіві підходить для будь-яких областей вирощування та володіє високою стійкістю до стресових умов. Гібрид чудово підходить для посіву після ранніх бобових, багаторічних трав, кукурудзи на зелений корм та силос. Можна висівати і в ранні строки сівби (кінець серпня - початок вересня), що дає можливість вибрати оптимальний час для конкретного регіону та умов. Гібрид має високу ефективність використання азоту, що робить його привабливим для регіонів з обмеженим вмістом азоту. Хюбері демонструє високі врожаї та формує здорові рослини, що підвищує їх стійкість до стресу та захворювань. Швидке цвітіння та середньораннє дозрівання свідчать про адаптивність гібрида до різних умов середовища. Гібрид проявляє особливу стійкість у районах із раннім літнім засушливим періодом. Підходить для вирощування після раннього звільнення площі попередньою культурою, що дозволяє забезпечити гнучкість у сівозміні культур та оптимізацію використання земельних ресурсів.



**Рис. 1. Гібрид Хюбері (Джерело: ТОВ «НПЦ Україна»).**

Гібрид Хюбері є хорошим вибором для вирощування пшениці завдяки своїм високим показникам врожайності, стійкості до стресових умов та адаптивності до різних середовищ (<https://npz.com.ua/>).

У 2014 р. у зоні Лісостепу середня врожайність гібриду Хюбері знаходилась на рівні 7,27 т/га, а стандарту – 6,34 т/га. Стійкість до вилягання гібриду становила 8,3 балів, стандарту – 7,1 балів. Стійкість до обсіпання зерна гібриду – 8,8 балів, стандарту – 8,7 балів (табл. 1).

У зоні Полісся середня врожайність гібриду Хюбері становила 6,64 т/га, а стандарту – 5,83 т/га. Стійкість до вилягання висока: для гібриду 8,9 балів, а стандарту – 8,2 бали. Стійкість до

обсіпання і в гібриду і стандарту має найвищий бал – 9 (табл. 1).

У зоні Степу також можна виявити переваги гібридів над стандартними сортами, які виділені за наступними параметрами: середня врожайність гібриду – 6,14 т/га, стандарту – 5,74 т/га; стійкість до вилягання гібриду – 8,4 балів, стандарту – 7,3 балів; стійкість до обсіпання зерна гібриду – 8,2 балів, стандарту – 8,7 балів (табл. 1).

Ці дані підтверджують, що гібрид виявився кращим за стандартні сорти у цих зонах за вищезгаданими характеристиками. Необхідно відмітити досить високі показники стійкості досліджуваного гібриду проти основних збудників хвороб та шкідників.

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

## 1. Результати польових випробувань гібриду пшениці озимої Хюбері, 2014 р. (Джерело: УІЕСР)

Показники / зона	Лісостеп		Степ		Полісся	
	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт
середня врожайність, т/га	7,27	6,34	6,14	5,74	6,64	5,83
вологість зерна, %	11,9	12,6	11,5	11,6	13,8	13,4
зимостійкість, бал	8,8	8,8	6,7	8,3	8,4	9
стійкість до вилягання, бал	8,3	7,1	8,4	7,3	8,9	8,2
стійкість до обсіпання зерна, бал	8,8	8,7	8,2	8,7	9	9
стійкість до посухи, бал	8,8	8,9	8,6	8,5	8,7	9
висота рослин, см	89,1	91,4	93	95,1	95,7	96,4
маса тисячі насінин, г	41,1	43,8	43,4	41	44	45,2
кількість днів до досягнення повної стиглості	271	268	267,6	267,2	275,6	274
стійкість до борошнистої роси, бал	9	8,4	8,2	8	9	8,8
стійкість до бурої іржі, бал	8,8	8,8	8,6	8,4	8,4	8,6
стійкість до корневих гнилей, бал	9	8,9	8,6	8,8	8,4	8,6
стійкість до фузаріозу, бали	7,9	8,2	9	9	8,3	8,6
стійкість до мухи шведської, бал	8,7	8,9	9	9	9	9
стійкість до клопа-черепашки, бал	9	8,9	9	8,8	8,7	9

Із результатів польових випробувань гібриду пшениці озимої Хюбері у 2015 р. видно, що цей гібрид має високу потенційну врожайність 6,79-6,88 т/га, має високі показники зимостійкості (7,8-8,5 балів), посухостійкості (8,7 балів). Висота рослин варіює від 82,9 до 84,9 см. Проявляє високу стійкість проти основних збудників хвороб та шкідників. У порівнянні із умовним стандартом (*прийнято вважати середню врожайність сортів, які були зареєстровані на протязі 5 років встановленими для областей Полісся, Лісостепу та Степу*), гібрид пшениці Хюбері перевершує середні показники врожайності у всіх агрокліматичних зонах і відрізняється високою зимостійкістю, стійкістю до

вилягання та обсіпання зерна, а також іншими важливими характеристиками. Результати досліджень підтверджують, що врожайність гібриду Хюбері перевищує відповідні середні значення в усіх агрокліматичних зонах (табл. 2).

Результати досліджень, проведених у 2016 р., засвідчують, що у зоні Лісостепу середня врожайність гібриду знаходилась на рівні 7,83 т/га, а стандарту – 6,34 т/га, перевищення стандарту становило 1,49 т/га. По зимостійкості гібрид дещо перевищував стандарт (8,4 бали). Стійкість до вилягання знаходилась на рівні 8,6 балів, що також перевищувало стандарт. За показником стійкості до обсіпання

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

зерна досліджуваний гібрид також перевищував стандарт на 0,3 бали і знаходився на рівні 8,8 балів. Стійкість до посухи висока на рівні

8,9 балів. Маса тисячі насінин гібриду Хюбері знаходилась на рівні 43,5 г, що на 1,2 г більше стандарту (табл. 3).

## 2. Результати польових випробувань гібриду пшениці озимої Хюбері, 2015 р. (Джерело: УІЕСР)

Показники / зона	Лісостеп		Степ		Полісся	
	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт
середня врожайність, т/га	6,88	6,25	4,83	4,74	6,79	5,55
вологість зерна, %	13,4	13,3	12,1	10,7	12,2	13,9
зимостійкість, бал	8,5	8,1	7,7	8	7,8	8,6
стійкість до вилягання, бал	9	8,3	9	8,4	8,8	8,5
стійкість до обсіпання зерна, бал	9	8,4	8,9	8,9	8,9	8,7
стійкість до посухи, бал	8,7	7,9	8,3	7,9	8,7	8,7
висота рослин, см	84,9	82,6	79	74,7	82,9	85,5
маса тисячі насінин, г	45,0	42,2	35,9	39	41,9	43,4
кількість днів до досягнення повної стиглості	285,3	258,5	272	265	278,7	280,5
стійкість до борошнистої роси, бал	8,7	9	3	9	9	9
стійкість до бурої іржі, бал	8,7	9	8,4	9	8,8	9
стійкість до кореневих гнилей, бал	8,1	8,9	8,7	9	9	9
стійкість до фузаріозу, бали	9	9	9	9	9	9
стійкість до мухи шведської, бал	9	9	9	9	8,9	9
стійкість до клопа-черепашки, бал	9	8,2	9	8,9	9	9

У зоні Степу середня врожайність гібриду Хюбері знаходилась на рівні 6,4 т/га, що на 1,43 т/га більше, ніж стандарту (4,97 т/га). Показник зимостійкості знаходився на рівні стандарту – 7,9 бали. Стійкість до вилягання висока – 9 балів. Стійкість до посухи знаходилась на рівні 8,9 балів, в той час як у стандарту цей показник становив 8,1 балів. За показником маси 1000 зерен гібрид перевищував стандарт (табл. 3).

У зоні Полісся врожайність досліджуваного гібриду знаходилась на рівні 6,29 т/га, що перевищувало стандарт на 0,46 т/га. Показники зимостійкості знаходяться на рівні 7,7 балів, що нижче показників стандартного сорту на 0,9 бали, а посухостійкості – 9 балів, що перевищує показники у стандартного сорту. Стійкість до вилягання рослин і обсіпання зерна висока і становить 9 балів, що перевищує стандарт на 0,3 бали. Варто відмітити високу

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

стійкість гібриду проти хвороб і шкідників (табл. 3).

### 3. Результати польових випробувань гібриду пшениці озимої Хюбері, 2016 р. (Джерело: УІЕСР)

Показники / зона	Лісостеп		Степ		Полісся	
	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт
середня врожайність, т/га	7,83	6,34	6,4	4,97	6,29	5,83
вологість зерна, %	11,5	13	10,9	10,7	13,4	13,9
зимостійкість, бал	8,4	8,1	7,9	7,8	7,7	8,6
стійкість до вилягання, бал	8,6	8,3	9	8,4	9	8,5
стійкість до обсіпання зерна, бал	8,8	8,5	9	8,9	9	8,7
стійкість до посухи, бал	8,9	8,1	8,9	8,1	9	8,7
висота рослин, см	93	83,4	84,9	77,2	91,1	87,2
маса тисячі насінин, г	43,5	42,3	40,3	39,3	42,4	44,1
кількість днів до досягнення повної стиглості	273,5	273,8	257,4	265	276,3	280,5
стійкість до борошнистої роси, бал	9	9	8,4	9	8,6	9
стійкість до бурої іржі, бал	8,8	9	9	9	8,8	9
стійкість до кореневих гнилей, бал	9	9	9	9	8,8	9
стійкість до фузаріозу, бали	8,8	9	9	9	9	9
стійкість до мухи шведської, бал	8,9	9	9	9	9	9
стійкість до клопа-черепашки, бал	8,8	9	9	9	9	9

Гібрид нового покоління Гімалая вирізняється не лише своєю найвищою урожайністю серед усіх тестованих гібридів, але й високою якістю зерна. Цей гібрид дозволяє отримати зерно вищого класу (А) з високим вмістом білка. Такі властивості сприяють виробництву продукції, що відповідає високим стандартам якості, що є критично важливим для конкурентоздатності на ринку та задоволення потреб споживачів.

Гібрид пшениці озимої Гімалая вирізняється високою врожайністю, адаптивністю до різних умов середовища, що робить його привабливим для

сільськогосподарських виробників (рис.2). Його основними характеристиками є: високий врожай при екстенсивних умовах; адаптивний та високоврожайний гібрид з низькою потребою у фунгіцидах; тип компенсації з раннім та тривалим досяганням зерна; висока зимостійкість та толерантність до посухи. Підходить для всіх областей вирощування, пластичний до умов середовища. Висівати його необхідно переважно після ранніх бобових культур та після попередньої культури, яка рано звільняє площу. Норма висіву для даного гібриду знаходиться в межах 1,2 – 2,0 млн. схожих насінин на га.

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

Терміни посіву: ранній – кінець серпня - початок вересня; пізній – середина вересня.



**Рис. 2. Гібрид Гімалая (Джерело: ТОВ «НПЦ Україна»).**

Цей гібрид відзначається не лише високою врожайністю, але й адаптивністю до різних умов середовища та формуванням нормально розвинених рослин, що є ключовими факторами для успішного вирощування.

Дані, наведені у таблиці 4 для гібрида пшениці озимої Гімалая у різних агрокліматичних зонах у 2020 р., надають можливість зробити висновки про його високу продуктивність та адаптивність у різних умовах вирощування.

У зоні Степу гібрид сформував урожайність на рівні 5,32 т/га, а стандарт – 5,28 т/га. Тривалість періоду вегетації становила 272 дні, а середній вміст білка в зерні склав 12,1%. Висота рослин сягала 91,2 см, з масою 1000 зерен 39,7 г.

У зоні Лісостепу гібрид Гімалая продемонстрував ще вищу урожайність – 6,74 т/га, при цьому тривалість періоду вегетації склала 248 днів, а вміст білка в зерні становив 13%. Висота рослин практично однакова із зоною Степу -

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

91,9 см, а маса 1000 зерен становила 44,6 г.

У зоні Полісся також було відзначено високу урожайність – 7,11 т/га. Тривалість періоду вегетації була найвищою серед усіх зон і склала 279 днів. Вміст білка в зерні становив 10,6%, висота рослин – 95,3 см, а маса 1000 зерен – 43,5 г.

Для гібрида Гімалая відмічено високу стійкість проти найбільш поширених збудників хвороб та стресових умов у всіх зонах вирощування, а також певну варіабельність в залежності від агрокліматичних умов.

#### 4. Результати польових випробувань гібриду пшениці озимої Гімалая, 2020 р. (Джерело: УІЕСР)

Показники / зона	Степ		Лісостеп		Полісся	
	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт
урожайність, т/га	5,32	5,28	6,74	6,71	7,11	5,87
тривалість періоду вегетації, дні	272	272	248	248	279	278
висота рослин, см	91,2	97,5	91,9	91,6	95,3	93
маса 1000 зерен, г	39,7	41	44,6	44,7	43,5	43,5
стійкість до вилягання, бал	9	9	9	9	9	9
стійкість до обсіпання, бал	9	9	9	8	9	9
стійкість до посухи, бал	7	9	8	8	9	9
стійкість до борошнистої роси, бал	9	9	9	9	9	8
стійкість до бурої іржі, бал	9	9	9	8	9	9
стійкість до кореневих гнилей, бал	9	8	8	8	9	9
стійкість до фузаріозу колоса, бал	9	9	9	8	8	8
стійкість до мухи шведської, бал	9	9	9	8	9	7
зимостійкість, бал	9	9	8	9	9	9
вміст білка, %	12,1	12,2	13,0	13,3	10,6	11,4

У 2021 р. для гібрида пшениці озимої Гімалая визначено наступні середні показники урожайності у різних агрокліматичних зонах (табл.5).

У зоні Степу середня урожайність становила 6,51 т/га, у порівнянні зі стандартом 5,19 т/га, тривалість періоду вегетації склала 262 дні, висота рослин – 92,3 см, а

маса 1000 зерен – 31,9 г. Вміст білка в зерні склав 12,0%.

У зоні Лісостепу гібрид Гімалая сформував ще вищу урожайність – 7,94 т/га, урожайність стандарту 6,69 т/га, з тривалістю періоду вегетації 272 дні та висотою рослин у 95,9 см. Маса 1000 зерен у цій зоні становила 41,7 г, а вміст білка в зерні становив 13,5%.

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

У зоні Полісся також було відмічено високу урожайність – 7,09 т/га, а середнє значення по стандартах – 5,99 т/га. Тривалість періоду вегетації склала 279 днів, висота рослин – 96,8 см, а маса 1000 зерен – 37,4 г. Вміст білка в зерні становив 11,3%.

В усіх зонах гібрид Гімалая та стандарти мають високі показники стійкості до вилягання, обсіпання, посухи, борошнистої роси, бурої іржі, корневих гнилей, фузаріозу колоса та мухи шведської (8-9 балів).

### 5. Результати польових випробувань гібриду пшениці озимої Гімалая, 2021 р. (Джерело: УІЕСР)

Показник/зона	Степ		Лісостеп		Полісся	
	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт
урожайність, т/га	6,51	5,19	7,94	6,69	7,09	5,99
тривалість періоду вегетації, дні	262	260	272	271	279	277
висота рослин, см	92,3	89	95,9	95,1	96,8	92,5
маса 1000 зерен, г	31,9	30,7	41,7	40,4	37,4	38,8
стійкість до вилягання, бал	8	8	9	9	9	9
стійкість до обсіпання, бал	9	9	9	9	9	9
стійкість до посухи, бал	9	9	9	9	8	8
стійкість до борошнистої роси, бал	8	8	9	9	9	9
стійкість до бурої іржі, бал	8	8	9	9	9	9
стійкість до корневих гнилей, бал	9	9	9	8	9	8
стійкість до фузаріозу колоса, бал	9	9	9	9	9	9
стійкість до мухи шведської, бал	9	9	9	9	9	9
зимостійкість, бал	9	9	9	9	8	8
вміст білка, %	12,0	12,4	13,5	13,3	11,3	12,2

У 2022 р. для гібриду пшениці озимої Гімалая встановлено наступні середні показники у різних агрокліматичних зонах (табл. 6).

У зоні Степу середня урожайність становила 8,36 т/га,

Гібрид Гімалая демонструє високу стійкість до різних стресових факторів, часто перевершуючи стандарти за деякими показниками. Показники зимостійкості для гібриду та стандарту однакові у кожній зоні, що забезпечує надійність росту в холодні періоди.

Гібрид Гімалая проявив високу стійкість проти різних хвороб та стресових умов у всіх зонах, проте було відзначено незначну варіабельність у деяких показниках в залежності від агрокліматичних умов.

урожайність стандарту – 5,20 т/га, тривалість періоду вегетації склала 280 днів, висота рослин – 95,4 см, а маса 1000 зерен – 42,5 г. Вміст білка в зерні склав 11,6 %.

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

У зоні Лісостепу гібрид Гімалая сформував урожайність на рівні 8,17 т/га з тривалістю періоду вегетації 270 днів та висотою рослин у 86,9 см. Маса 1000 зерен у цій зоні становила 43,5 г, а вміст білка в зерні – 12,3 %.

У зоні Полісся середня урожайність склала 8,74 т/га, урожайність стандарту – 6,02 т/га,

тривалість періоду вегетації становила 272 дні, висота рослин – 94 см, а маса 1000 зерен – 40,4 г. Вміст білка в зерні становив 11,1 %. Для гібриду Гімалая відмічено високу стійкість проти різних хвороб та стресових умов у всіх зонах, проте можна відзначити незначну варіабельність у деяких показниках, в залежності від агрокліматичних умов.

### 6. Результати польових випробувань гібриду пшениці озимої Гімалая, 2022 р. (Джерело: УІЕСР)

Показник / зона	Степ		Лісостеп		Полісся	
	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт	гібрид	стандарт
урожайність, т/га	8,36	5,20	8,17	6,76	8,74	6,02
тривалість періоду вегетації, дні	280	282	270	271	272	268
висота рослин, см	95,4	90,5	86,9	84,1	94	89,8
маса 1000 зерен, г	42,5	38,4	43,5	42,7	40,4	44,3
стійкість до вилягання, бал	9	8	8	9	9	9
стійкість до обсіпання, бал	9	9	9	9	9	9
стійкість до посухи, бал	9	9	8	9	9	8
стійкість до борошнистої роси, бал	9	9	9	9	9	9
стійкість до бурої іржі, бал	9	9	9	9	8	9
стійкість до корневих гнилей, бал	9	9	9	9	9	9
стійкість до фузаріозу колоса, бал	9	9	9	9	9	9
стійкість до мухи шведської, бал	9	9	9	9	9	9
зимостійкість, бал	9	9	9	9	9	9
вміст білка, %	11,6	12,9	12,3	12,9	11,1	10,9

Отже, можна відзначити, що гібридна пшениця демонструє вражаючу адаптивність і високу урожайність у всіх трьох зонах вирощування. Зауважимо також, що стійкість до вилягання, обсіпання, посухи та хвороб для гібриду Гімалая

має максимальні бали. Враховуючи дані врожайності підсумуємо те, що гібридна пшениця здатна забезпечити фермерам на 20-60% більше врожаю, що суттєво впливає на прибутковість аграрного виробництва при мінімальних нормах сівби 1,2-1,8

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

млн.н./га, в порівнянні із стандартними сортами 4,0-5,0 млн.н./га.

Основною перевагою гібридів пшениці озимої Хюбері та Гімалая, є високий вихід білку, стійкість до біотичних та абіотичних факторів, високий потенціал врожайності, гібридна пшениця належить до групи сильних пшениць “А” класу.

Гібриди володіють високим рівнем кущистості, завдяки добре

розвиненій кореневій системі гібриди здатні сформувати більше продуктивних пагонів. Коренева система гібридної пшениці формує більшу кількість вторинних корінців, що впливає на ефективність поглинання води і поживних речовин, а також на загальну продуктивність рослини (рис. 3.).



**Рис. 3. Коренева система сортової пшениці Гюстав у порівнянні із гібридом Гімалая (Джерело: ТОВ “НПЦ УКРАЇНА”)**

Гібридна пшениця має більш розвинену кореневу систему, включаючи більшу

кількість вторинних (бічних) корінців. Це дозволяє їй більш ефективно використовувати ресурси ґрунту, такі

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

як вода та поживні речовини. Більша кількість вторинних корінців дозволяє рослині підтримувати більшу біомасу надземної частини, включаючи листя та стебла (рис. 4.), що сприяє вищій потенційній урожайності, при цьому

коефіцієнт кущіння сучасних сортів становить 2-3, гібридна пшениця перевершує коефіцієнт кущіння сучасних сортів, у гібридів він становить 4-5.



**Рис. 4. Вегетативна маса гібриду Гімалая (Джерело: ТОВ “НПЦ УКРАЇНА”)**

Важливо додати те, що ще однією особливістю гібридів є наявність широкої листової пластини яка забезпечує високу продуктивність і ефективність гібридів пшениці озимої, в порівнянні із сортовою пшеницею. Завдяки збільшеній площі для фотосинтезу, гібридна пшениця здатна більш ефективно використовувати ресурси і формувати високу врожайність, навіть у стресових умовах. Це робить її привабливою для сучасного сільського господарства, яке потребує

високопродуктивних і стійких культур.

#### **Висновки і перспективи.**

На основі одержаних даних можна зробити наступні висновки:

- встановлено високі показники урожайності гібридів Хюбері та Гімалая пшениці у всіх регіонах вирощування – Степ, Лісостеп та Полісся;

- відмічено для досліджуваних гібридів високі показники стійкості до вилягання, обсіпання, посухи, хвороб і шкідників, оскільки забезпечення стійкості рослин до

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

стресових умов дозволяє зберегти високу урожайність навіть у незвичних та нестабільних агрокліматичних умовах;

– встановлено, що гібрид нового покоління Гімала вирізняється не лише своєю найвищою урожайністю серед усіх тестованих гібридів, але й високою якістю зерна.

### **Перспективи гібридної пшениці.**

На основі зростаючої урожайності та покращення якості зерна можна очікувати подальше впровадження гібридної пшениці у виробництво. Інноваційні технології та генетичні покращення дозволять вирощувати більш стійкі та продуктивні гібриди, що

#### **Список використаних джерел**

1. Черенков, А.В., Гасанова, І.І., Солодушко, М.М. (2014). Пшениця озима – розвиток та селекція культури в історичному аспекті. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України, (6), 3-6.
2. Мостіпан, М.І. (2015). Рослинництво. Лабораторний практикум. Кіровоград: Лисенко В.Ф. С.317.
3. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (2016). Електронний ресурс.
4. <https://www.sops.gov.ua>
5. [www.nordsaat.de](http://www.nordsaat.de)
6. [www.asur-plantbreeding.com](http://www.asur-plantbreeding.com)
7. Snape, J. W., Butterworth, K., Whitechurch, E., & Worland, A. J. (2002). "Waiting for fine times: genetics of flowering time in wheat." *Euphytica*, 126(1), 73-81 с.
8. Wanyera, R., & Mosigisi, G. O. S. (2005). "The use of genetically modified organisms (GMOs) in the development of new wheat hybrids." *Biotechnology Advances*, 23(3), 189-195 с.
9. Singh, D. P., & Shekhawat, M. S. (2011). "The role of next-generation

відповідають вимогам сучасного сільського господарства.

Враховуючи зміни в агрокліматичних умовах, створення гібридної пшениці може відігравати важливу роль у вирішенні викликів, пов'язаних зі змінами клімату.

Високі показники урожайності, а також стабільність у вирощуванні, свідчать про перспективи та ефективність використання гібридної пшениці. Подальший розвиток та впровадження інноваційних технологій у селекції та вирощуванні гібридної пшениці може сприяти збільшенню виробництва харчових ресурсів та забезпеченню продовольчої безпеки.

sequencing (NGS) in enhancing the efficiency of wheat breeding programs." *Journal of Crop Improvement*, 25(4), 367-383 с.

10. Easterly, A. C., Rife, T. W., Boyles, R. E., & Brown-Guedira, G. (2014). "Evaluating the impact of hybrid agents on wheat performance: A comprehensive study." *Theoretical and Applied Genetics*, 127(8), 1857-1869 с.

11. Gupta, P. K., & Varshney, R. K. (2019). "Genome editing and its applications in crop improvement: A review with emphasis on wheat." *Plant Science*, 284, 98-110 с.

12. Reynolds, M. P., Varshney, R. K., & Nguyen, H. T. (2020). "Utilization of genetic diversity for improving productivity and stress resilience of wheat." *Plant Science*, 301 с.

13. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних культур (2003) // Охорона прав на сорти рослин. Офіційний бюлетень / Андрущенко А.В., Бабік О.В., Богуславський Р.Л. та ін. Під ред. В.В. Волкодава. К.: Алефа. Ч.2. 226 с.

14. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб (2010) / С.О. Трибель, М.В. Гетьман,

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

О.О. Стригун, Г.М. Ковалишина, А.В. Андрищенко. За редакцією С.О. Трибеля. К.: Колобіг. 392 с.

15. "Каталог продукції озимих зернових" NPZ & SAATEN-UNION GmbH, (2023) 28 с.

### References

1. Cherenkov, A.V., Hasanova, I.I., Solodushko, M.M. (2014). Winter wheat - the development and selection of culture in a historical aspect. Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine, (6), 3-6.

2. Mostipan, M.I. (2015). Plant growing. Laboratory practice. Kirovohrad: Lysenko V.F. P.317.

3. State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine (2016). Electronic resource.

4. <https://www.sops.gov.ua>

5. [www.nordsaat.de](http://www.nordsaat.de)

6. [www.asur-plantbreeding.com](http://www.asur-plantbreeding.com)

7. Snape, J.W., Butterworth, K., Whitechurch, E., & Worland, A.J. (2002). "Waiting for fine times: genetics of flowering time in wheat." Euphytica, 126(1), pp. 73-81.

8. Wanyera, R., & Mosigisi, G. O. S. (2005). "The use of genetically modified organisms (GMOs) in the development of new wheat hybrids." Biotechnology Advances, 23(3), 189-195 p.

9. Singh, D. P., & Shekhawat, M. S. (2011). "The role of next-generation

sequencing (NGS) in enhancing the efficiency of wheat breeding programs." Journal of Crop Improvement, 25(4), pp. 367-383.

10. Easterly, A. C., Rife, T. W., Boyles, R. E., & Brown-Guedira, G. (2014). "Evaluating the impact of hybrid agents on wheat performance: A comprehensive study." Theoretical and Applied Genetics, 127(8), 1857-1869 p.

11. Gupta, P. K., & Varshney, R. K. (2019). "Genome editing and its applications in crop improvement: A review with emphasis on wheat." Plant Science, 284, pp. 98-110.

12. Reynolds, M. P., Varshney, R. K., & Nguyen, H. T. (2020). "Utilization of genetic diversity for improving productivity and stress resilience of wheat." Plant Science, 301 p.

13. Methodology for examination and state testing of plant varieties of grain and grain crops (2003) // Protection of rights to plant varieties. Official Bulletin / Andryushchenko A.V., Babik O.V., Boguslavskiy R.L. etc. Under the editorship V.V. Volkodava K.: Aleph. Part 2. 226 p.

14. Methodology for assessing the resistance of wheat varieties against pests and pathogens (2010) / S.O. Trybel, M.V. Hetman, O.O. Strigun, H.M. Kovalyshyna, A.V. Andryushchenko. Edited by S.O. Tribela K.: Kolobig. 392 p.

15. "Catalog of winter grain products" NPZ & SAATEN-UNION GmbH, (2023) 28 p.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF YIELD POTENTIAL OF WINTER WHEAT HYBRIDS OF THE NEW GENERATION FROM THE ORIGINATOR OF THE SAATEN-UNION GMBH GROUP.

A.V. Shypp, H.M. Kovalyshyna

**Abstract.** *This article presents the results of the yield potential of Huberi and Himalaya wheat hybrids based on field research. A comparison of hybrids was carried out according to valuable economic characteristics. Research on the Huberi hybrid was conducted in 2014-2016, and the Himalaya hybrid in 2020-2022. Phenological observations of winter wheat crops and resistance to the main pathogens and pests were conducted according to generally accepted methods. As a result of the conducted research, it was established that the hybrids formed higher productivity indicators, compared to the standard, had higher indicators of grain quality, as well as resistance to biotic and abiotic factors. The Huberi wheat hybrid exceeds the average yields in all agro-climatic zones and is characterized by high winter hardiness, resistance to*

Шипп А. В., Ковалишина Г. М.

*lodging and shedding of grain, as well as other important characteristics. The hybrid of the new generation of Himalaya stands out not only for its highest yield among all tested hybrids, but also for its high grain quality. This hybrid makes it possible to obtain grain of the highest class (A) with a high protein content. For the Himalayan hybrid, high resistance against the most common pathogens and stressful conditions in all growing zones was noted. The conducted research allows us to determine the advantages and disadvantages of each hybrid, as well as to identify the possibilities of using new hybrids to increase the productivity of wheat.*

**Keywords:** *winter wheat, hybrids, Huberi, Himalaya, stability, quality, productivity, grain moisture, winter hardiness, tillering coefficient, lodging resistance.*

**How to Cite:** Shypp, A., & Kovalyshyna, H. (2024). Comparative analysis of yield potential of winter wheat hybrids of the new generation from the originator of the saaten-union gmbh group. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.011](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.011)

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВИСОТИ СОРТІВ СОЇ РІЗНИХ ГРУП  
СТИГЛОСТІ****С. В. ГАВРИК**, здобувач, <https://orcid.org/0009-0006-4131-8359>

E-mail: Gavriksv@ukr.net

**В. І. МЕЛЬНИК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0002-8782-1236>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: vi.melnyk@nubip.edu.ua

**М. В. ЖОВТУН**, кандидат сільськогосподарських наук, директор,<https://orcid.org/0009-0001-8664-3263>**ТОВ «Марківка Агро-ВТ»**

E-mail: 211989@i.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.025](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.025)

**Анотація.** У статті наведено результати аналізу формування висоти рослин сої їх маса, прикріплення нижніх бобів на рослині у різних груп стиглості сої. Дослідження проводили в 2022–2024 рр. в ТОВ «НАТАША АГРО» Чернігівської області. Сорти сої, ранньостиглі – Діадема Поділля, Тенор, Саталія; середньоранньостиглі – Чураївна, Сакуза, Ментор; середньостиглі – Палладор, Прескот, Азимут. Контролем слугував сорт сої Чураївна. Грунт дослідної ділянки – лучно-чорноземний пилувато-суглинковий. Площа посівної ділянки – 78 м<sup>2</sup>, облікової – 25 м<sup>2</sup>, повторність триразова. Попередник – кукурудза. Спосіб сівби – широкорядний на 35 см. Норма висіву сої 550 тис./га схожих насінин.

Встановлено, що на формування висоти рослин сої впливають сортові особливості. Максимальної висоти рослини сої досягають у фазу наливу бобів, водночас найвисокорослими вони були у середньостиглого сорту Палладор – 92,2 см, Прескот – 89,0 см та середньораннього – Сакуза – 90,4 см. Найнижча висота рослин сої зафіксована у ранньостиглих сортів сої Тенор – 77,1 см і Діадема Поділля – 73,6 см. У сортів Палладор, Прескот, Азимут середньостиглої групи, висота кріплення нижнього бобу становила від 15 до 16 см. Для цих сортів це є позитивним показником, що дозволить зменшити втрати при збиранні комбайном. Сорти Тенор, Саталія мали низьке кріплення бобу 11–11,8 см, як у сприятливих, так і несприятливих роках досліджень. Висота рослин різних сортів сої у фазі 2-го трійчастого листа біла майже однаковою. Відмінності в показниках спостерігаються у фазі початку бутонізації, найбільший приріст – у період цвітіння – налив бобів. Виділялись сорти Сакуза – 86,6 см, Палладор – 96,1 см, Прескот – 81,4 см.

**Ключові слова:** соя, висота рослин, прикріплення нижніх бобів, група стиглості, маса рослин

**Актуальність.** Важливими рослинницькими ознаками, що пов'язані з основними біологічними і морфологічними характеристиками сої, є висота рослин і висота кріплення нижнього бобу. Від висоти рослин залежить продуктивність у цілому, оскільки стебло є органом перетворення і транспорту мінеральних та органічних речовин, що відіграє значну роль у формуванні врожаю. Вирощування сої передбачає придатність сортів до механізованого збирання, включаючи стійкість до вилягання, розтріскування бобів і оптимальне розміщення перших бобів на рослині. Для успішного впровадження у виробництво нові сорти сої повинні бути не тільки високоврожайними, однак придатними до механізованого збирання, що пов'язано насамперед із висотою розташування нижніх бобів на рослині. Низьке прикріплення першого бобу призводить зменшення врожайності сорту, оскільки значна кількість бобів втрачається при збиранні комбайном. Втрати можуть досягати 15–20 % від низького кріплення нижнього бобу. Ця ознака пов'язана із загальною висотою рослини (Lavrunenko та ін., 2013).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Висота рослин сої значно впливає на її продуктивність тому, залежно від динаміки цього показника впродовж вегетаційного періоду, роблять висновок про умови росту і розвитку рослин, що склалися

в онтогенезі. На основі аналізу ростових процесів стебла можливо з'ясувати найефективніші умови для формування високопродуктивних агрофітоценозів сої (Fahrizal I. та ін., 2017). З зв'язку з тим, що висота рослин в онтогенезі рослин сої сильно змінюється під впливом абіотичних та біотичних чинників, тому вивчення цього показника дає змогу встановити найважливіші залежності процесу формування високої продуктивності сої (Бахмат О. М., Чинчик О. С., 2010). Закладка нижніх бобів та стійкість до вилягання це властивості рослин, що тісно корелюють з висотою рослин, це чинники які формують майбутній врожай сої (Ткачук О. П. та ін., 2022).

Упровадження у виробництво нових сортів сої повинні бути не тільки високоврожайними, але й придатними до механізованого збирання, що пов'язано із висотою розташування нижніх бобів на рослині. За низького прикріплення першого бобу призводить до зменшення врожайності сорту, оскільки значна кількість бобів втрачається за комбайнового збирання. Втрати врожаю від низького кріплення нижнього бобу можуть досягати 15-20 %. Ця ознака пов'язана із загальною висотою рослини (Коробко А. А., 2021; Grabovska T. та ін., 2020).

На накопичення вегетативної маси і приріст рослин у довжину за міжфазні періоди впливають

Гаврик С. В., Мельник В. І., Жовтун М. В.

температурний режим, тривалість світлового дня, інтенсивність освітлення і технологія вирощування культури (Мельник А. В. та ін., 2020; Novytska N. та ін., 2020). Тривалість інтенсивного росту сої залежить від групи стиглості певного сорту.

**Мета і завдання досліджень** порівняльне оцінювання сортів сої різних груп стиглості на формування висоти рослин та прикріплення нижнього бобу. Завданням проведених досліджень було визначити параметри рівня мінливості та прояву ознаки «висота рослин» та висота кріплення нижнього бобу» у сортах сої різних груп стиглості.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проведено в 2022 – 2024 рр. у короткочасному польовому досліді ТОВ «Наташа Агро» Ніжинського району Чернігівської області. Сорти сої, ранньостиглі – Діадема Поділля, Тенор, Саталія; середньоранньостиглі – Чураївна, Сакуза, Ментор; середньостиглі – Палладор, Прескот, Азимут. Контролем слугував сорт сої Чураївна.

Ґрунт дослідної ділянки – лучно-чорноземний пилувато-суглинковий. Площа посівної ділянки – 78 м<sup>2</sup>, облікової – 25 м<sup>2</sup>, повторність триразова. Попередник – кукурудза. Спосіб сівби – широкорядний на 35 см. Норма висіву сої 550 тис/га схожих насінин. Дослідження проводили згідно методичних

рекомендацій (Єщенко В. О. та ін., 2014). Інокуляцію насіння проводили перед сівбою згідно методичних рекомендацій (Вокогон В. В. та ін., 2006). Технологія вирощування сої в досліді загальноприйнята для зони північного Лісостепу.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Дослідження засвідчили, що на початку вегетації у фазі другого трійчастого листка висота рослин сортів сої майже не відрізнялася. Відмінності не мали певного характеру, однак сорт Палладор становить не значний виняток, у якого цей показник помітно переважає стандартний – сорт Чураївна. Упродовж періоду вегетації цей сорт вже не виділявся за висотою рослин (табл. 1).

Висота рослин різних сортів сої у фазі 2 трійчастого листа біла майже однаковою. Відмінності в показниках спостерігаються у фазі початку бутонізації, найбільший приріст – у період цвітіння – налив бобів. Виділялись сорти Сакуза – 86,6 см, Палладор – 96,1 см, Прескот – 81,4 см.

На період наливу бобів спостерігали найбільшу висоту рослин сої. За цим показником виділялись сорти Палладор – 92,2, Сакуза – 90,4, Прескот – 89,0 см. Висота рослин у подальшій вегетації майже не змінювалась. Рослини сої у фазу гілкування мали короткі стебла однакової висоти в інтервалі 20-25 см. У ранньостиглих сортів незначні темпи росту виявилися упродовж

Гаврик С. В., Мельник В. І., Жовтун М. В.

періоду цвітіння-бобоутворення, у середньостиглих до початку цвітіння.

### 1. Висота рослин сої різних груп стиглості, за 2022 – 2024 рр.

Сорт	Фази росту і розвитку рослин сої			
	другий трійчастий листок	цвітіння-бутонізація	кінець цвітіння-налив бобів	повний налив бобів
Чураївна	13,2	63,0	75,8	81,3
Ментор	10,9	61,7	72,0	83,2
Саталія	11,1	62,2	80,0	85,0
Тенор	12,7	60,1	72,3	77,1
Палладор	13,0	63,5	96,1	92,2
Прескот	11,2	62,1	81,4	89,0
Діадема Поділля	12,5	61,7	70,2	73,6
Сакуза	12,8	73,4	86,6	90,4
Азимут	13,2	62,9	75,9	81,0

Істотні зміни за висотою рослин відбулися у 2023 році. Сприятливі гідротермічні умови дали можливість проявитись потенційним особливостям сортів. У період

бутонізація-початок цвітіння у найбільшій мірі це спостерігалось у ранньостиглих, в кінці цвітіння – у пізньостиглих сортів (рис. 1).

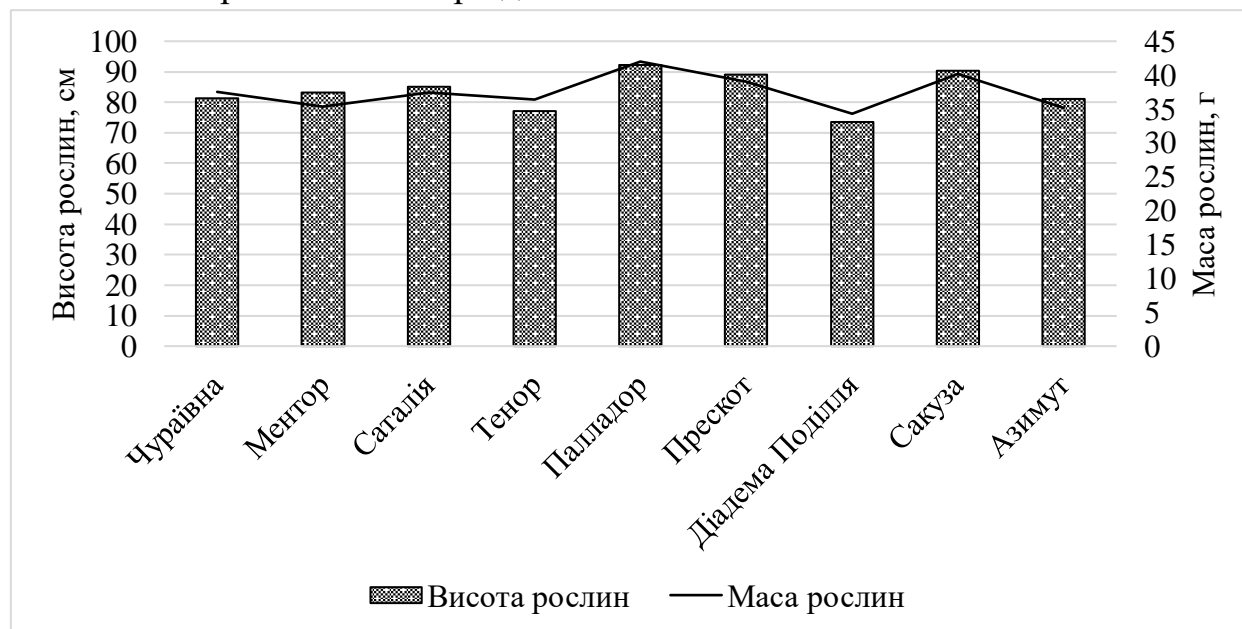


Рис. 1. Висота рослин (см) і маса рослин (г) сої у фазі наливу бобів, за 2022 – 2024 рр.

Установлена тісна кореляційна залежність між висотою рослин сої і їхньою масою. Коефіцієнт кореляції

становив ( $r=0,93\pm 0,13$ ), рівняння регресії  $y=7,614+0,360x$ .

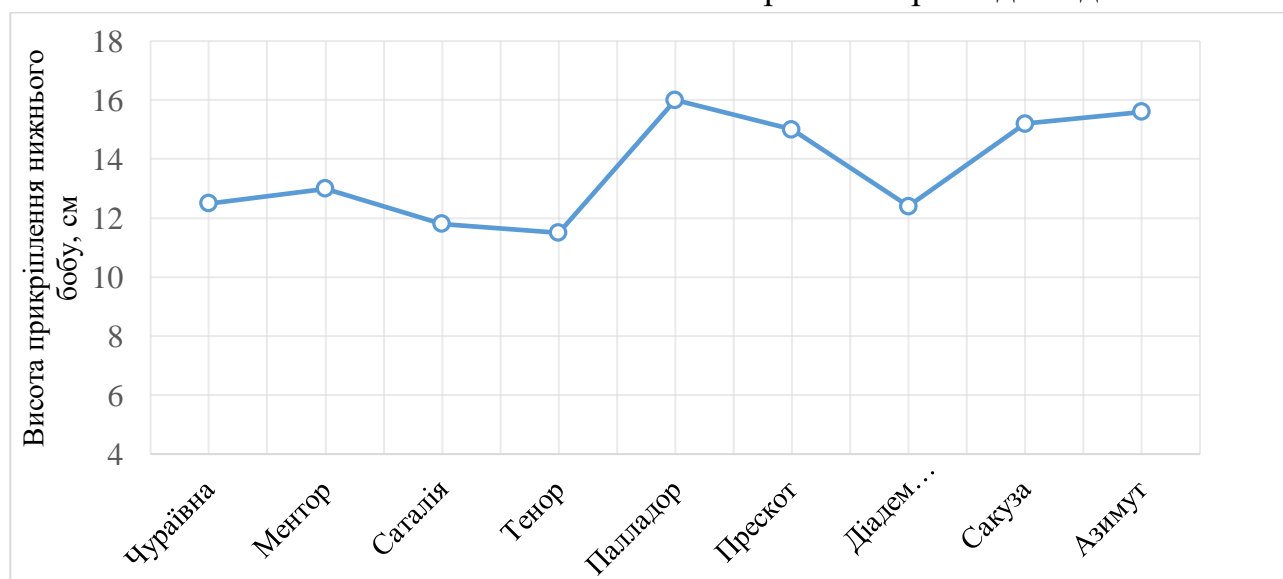
Слід зазначити, що не всі досліджувані сорти за різних

Гаврик С. В., Мельник В. І., Жовтун М. В.

погодних умовах зберігають стабільні показники висоти, а отже і маси рослин. Так, висота рослин сорту Азимут становила – 81,0 см, значно поступався за висотою сортам Палладор – 92,2, Сакуза – 90,4, Прескот – 89,0 см у фазі повного наливу бобів. Найвища висота рослин виявилась у середньостиглого сорту Палладор і середньораннього сорту Сакуза. Слід зазначити, що не більш пізньосередній сорт Прескот, Азимут, а середньоранній сорт Сакуза мав значно вищі показники росту – висоти і маси рослин, це дає

можливість віднести цей сорт до можливо, найкращих сортів.

Висота кріплення нижнього бобу мала в середньому чітку тенденцію збільшення від ранніх до пізніх форм сортів сої (рис. 2). У сортів Палладор, Прескот, Азимут середньостиглої групи, висота кріплення нижнього бобу становила від 15 до 16 см. Для цих сортів це є позитивним показником, що дозволить зменшити втрати при збиранні комбайном. Сорти Тенор, Саталія мали низьке кріплення бобу 11–11,8 см як у сприятливих, так і несприятливих роках досліджень.



**Рис. 2.** Висота прикріплення нижнього бобу у рослин сої, см за 2022 – 2024 рр.

У системі сортовипробування на динаміку морфологічних ознак, рівень їхньої стабільності за погодних умов вегетаційного періоду різних років, не завжди звертають увагу. Дослідження засвідчили щодо необхідності більш пильного виявлення і врахування особливостей

розвитку сортів сої різних груп стиглості в їхньому онтогенезі, як важливого чинника оцінки господарсько-біологічних якостей.

### Обговорення.

Результати експериментального дослідження підтверджують встановлені раніше закономірності та

Гаврик С. В., Мельник В. І., Жовтун М. В.

розширюють виробничі рекомендації щодо застосування різних груп стиглості сої в умовах Лісостепу України. Зокрема, в науковій праці М. Б. Грабовського, С. С. Німенко (2023), встановлено, що на формування висоти рослин сої впливають сортові особливості та досліджувані елементи технології вирощування. Максимальної висоти рослин сої досягають у фазу наливу бобів, найбільш високорослими вони були у середньостиглого сорту Сігалія (136,9-149,4 см), а найнижчими (83,5-95,0 см) – у ранньостиглого сорту Тенор. Наукові дослідження щодо стійкості рослин до вилягання та закладка нижніх бобів, що впливають на формування майбутнього врожаю

#### Список використаних джерел

1. Бабич А. О., Молдован В. Г., Молдован Ж. А. Стан та перспективи вирощування сої в умовах Волино-Подільського Лісостепу. Корми і кормовиробництво. Вінниця. 2011. № 69. С. 108–112.
2. Бахмат О. М., Чинчик О. С. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої в умовах західного регіону України. Корми і кормовиробництво. 2010. 66. С. 103–108.
3. Грабовський М. Б., Німенко С. С. Особливості формування висоти рослин сої за органічної технології вирощування. Таврійський науковий вісник. 2023. № 129. С. 54–63. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.8>
4. Коробко А.А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. Збалансоване природокористування. 2021. № 4. С. 125–134. DOI <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098>
5. Лавриненко Ю. О., Вожегова Р. А., Клубук В. В., Марченко Т. Ю. Прояв і мінливість ознак «висота рослин» і «висота

сої представлені в роботі (Бабич А. О., Молдован В. Г. та ін., 2013).

**Висновки.** На формування висоти рослинами сої впливають сортові особливості та досліджувані елементи технології вирощування. Рослини сої максимальної висоти досягають у фазу наливу бобів, проте найвисокорослішими вони були в середньостиглого сорту Палладор (92-105 см), а найнижчими (77,0-73,0 см) – у ранньостиглих сортів Діадема Поділля і Тенор. Найвище кріплення нижнього бобу зафіксовано в сортів Палладор, Прескот середньоранньої групи – 15-16 см. Сорти сої Тенор і Саталія ранньостиглої групи мали низьке кріплення нижнього бобу 11-11,8 см.

кріплення нижнього бобу» у сортів та гібридів сої різних груп стиглості при зрошенні. Таврійський науковий вісник. 2013. № 83. С. 65–72.

6. Мельник А. В., Романько Ю. О., Романько А. Ю. Адаптивний потенціал і стресостійкість сучасних сортів сої. Таврійський науковий вісник. 2020. Т. 113. С. 85–91. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.12>

7. Мікробні препарати у землеробстві : Теорія і практика /[В.В. Вокогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська та ін.]. К.: Аграрна наука, 2006. 312 с.

8. Основи наукових досліджень в агрономії /Єщенко В. О. та ін., Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

9. Ткачук О. П., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Екологічна оцінка середньостиглих і середньо пізньостиглих сортів сої. Сільське господарство та лісівництво. 2022. №. 24. С. 5–15. DOI <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-1-1>

10. Fahrizal I., Rahayu A., Rochman N. The response of soybean plants of mycorrhizal abuscles and application of phosphorus

Гаврик С. В., Мельник В. І., Жовтун М. В.

fertilizers in acid soils. *Journal Agronida*. 2017. № 3(2). pp. 95–105.

11. Grabovska T., Lavrov V., Rozputnii O., Grabovskyi M., Mazur T., Polishchuk Z., Priszajhnjuk N., Bogatyr L. Effect of organic farming on insect diversity. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020, № 10(4). pp. 96–101.

12. Novytska N., Gadzovskiy G., Mazurenko B., Svistunova I., Martynov O. Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in western Polissya of Ukraine. *Agronomy Research*. 2020. 18(4). pp. 2512–2519.

### References

1. Babich, A. O., Moldovan, V. G., & Moldovan, Z. A. (2011). State and prospects of soybean cultivation in the conditions of the Volyn-Podilskyi Forest Steppe. *Fodder and fodder production. Vinnytsia*, 69, 108–112.

2. Bakhmat, O. M., Chinchyk, O. S. (2010). The influence of agrotechnical measures on soybean productivity in the conditions of the western region of Ukraine. *Fodder and fodder production*, 66, 103–108.

3. Grabovskyi, M. B., Nimenko, S. S. (2023). Peculiarities of height formation of soybean plants under organic growing technology. *Taurian Scientific Herald*, 129, 54–63.

4. Korobko, A. A. (2021). Dynamics of soybean production in Ukraine and the world. *Balanced nature management* 4, 125–134.

5. Lavrynenko, Y. O., Vozhegova, R. A., Klubuk, V. V., & Marchenko, T. Yu. (2013). Manifestation and variability of the traits "plant height" and "lower bean attachment height" in

soybean varieties and hybrids of different maturity groups under irrigation. *Taurian Scientific Herald*, 83, 65–72.

6. Melnyk, A. V., Romanko, Yu. O., & Romanko A. Yu. (2020). Adaptive potential and stress resistance of modern soybean varieties. *Taurian Scientific Herald*, 113, 85–91.

7. Microbial preparations in agriculture: Theory and practice (2006). / [V. V. Volkogon, O. V. Nadkernychna, T. M. Kovalevska and others]. Kyiv: Agrarian science.

8. Fundamentals of scientific research in agronomy (2014). / Yeshchenko V. O. at. all., *Vinnytsia: PP "TD "Edelweiss and K"*.

9. Tkachuk, O. P., Didur, I. M., & Pantsyreva, G. V. (2022). Ecological assessment of mid-ripening and mid-late-ripening soybean varieties. *Agriculture and forestry*, 24, 5–15.

10. Fahrizal, I., Rahayu, A., Rochman, N. (2017). The response of soybean plants of mycorrhizal abuscules and application of phosphorus fertilizers in acid soils. *Journal Agronida*. 3(2), 95–105.

11. Grabovska, T., Lavrov, V., Rozputnii, O., Grabovskyi, M., Mazur, T., Polishchuk, Z., Priszajhnjuk, N., Bogatyr, L. (2020). Effect of organic farming on insect diversity. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(4). 96–101.

12. Novytska N., Gadzovskiy G., Mazurenko B., Svistunova I., Martynov, O. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in western Polissya of Ukraine. *Agronomy Research*, 18(4), 2512–2519.

## FEATURES OF THE FORMATION OF THE HEIGHT OF SOYBEAN VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY GROUPS

S. Havrik, V. Melnyk, M. Zhovtun

**Abstract.** *The article presents the results of the analysis of the formation of the height of soybean plants, their weight, attachment of the lower beans on the plant in different groups of soybean maturity. The research was conducted in 2022–2024 at NATASHA AGRO LLC of the Chernihiv region. Soy varieties, early ripening - Diadema Podillia, Tenor, Satalia; mid-early ripening – Churayvna, Sakuza, Mentor; medium-ripe - Pallador, Prescott, Azimuth. The Churayvna soybean variety served as a control. The soil of the experimental site is a meadow-chernozem dusty-loamy soil. The area of the sowing area is 78 m<sup>2</sup>, the accounting area is 25 m<sup>2</sup>, repetition three times. The*

Гаврик С. В., Мельник В. І., Жовтун М. В.

*predecessor is corn. The method of sowing is 35 cm wide rows. Soybean sowing rate is 550,000/ha of similar seeds.*

*It has been established that the formation of the height of soybean plants is influenced by varietal characteristics. Soybean plants reach their maximum height in the bean filling phase, while the tallest were the mid-ripening varieties Pallador – 92,2 cm, Prescott – 89,0 cm, and the mid-early - Sakuza – 90,4 cm. The lowest height of soybean plants was recorded in early-ripening Tenor soybean varieties – 77,1 cm and Diadema Podillya – 73,6 cm. In the varieties Pallador, Prescott, Azimuth of the medium-ripening group, the height of the attachment of the lower bean was from 15 to 16 cm. For these varieties, this is a positive indicator, which will reduce losses when harvesting with a combine harvester. Varieties Tenor, Satalia had a low bean attachment of 11–11,8 cm, both in favorable and unfavorable years of research. The height of plants of different varieties of soybeans in the phase of the 2nd trifoliolate white leaf is almost the same. Differences in indicators are observed in the phase of the beginning of budding, the largest increase is during the flowering period - the filling of beans. Sakuza varieties stood out – 86,6 cm, Pallador – 96,1 cm, Prescott – 81,4 cm.*

**Keywords:** *soybean, plant height, attachment of lower beans, maturity group, plant weight*

**How to Cite:** Havrik, S., Melnyk, V., & Zhovtun, M. (2024). Features of the formation of the height of soybean varieties of different maturity groups. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.025](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.025)

**ДОСЛІДЖЕННЯ БАКТЕРИЦИДНОЇ ДІЇ МЕДУ  
ПРОТИ *SALMONELLA ENTERICA***

**Л. О. АДАМЧУК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
<https://orcid.org/0000-0003-2015-7956>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича»*

E-mail: [leonora.adamchuk@gmail.com](mailto:leonora.adamchuk@gmail.com)

**М. В. ВОЙНАЛОВИЧ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
<https://orcid.org/0000-0003-1600-6573>

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: [w.nikolay@ukr.net](mailto:w.nikolay@ukr.net)

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.012](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.012)

**Анотація.** Сальмонельоз є зареєстрованим розладом шлунково-кишкового тракту в ЄС, спричиненим споживанням продуктів, заражених *Salmonella enterica*. Симптоми включають гастроентерит, спазми в животі, криваву діарею, лихоманку, міалгію, головний біль, нудоту та блювання. Актуальним напрямом досліджень є пошук шляхів та способів запобігання сальмонельозу, в тому числі, споживання оздоровчих продуктів. Мед натуральний володіє широкими бактерицидними властивостями. Метою досліджень було встановити бактерицидну дію монофлорних сортів меду проти *Salmonella enterica*. Матеріалами слугували 26 зразків монофлорних сортів меду: ріпакового, акацієвого, липового, соняшникового; та штами бактерій з міжнародної колекції типових культур *Salmonella enterica* serovar. *Typhimurium* ССМ 3807. Ботанічне походження зразків меду встановили за допомогою мелісопалінологічного аналізу. Антибактеріальну дію вивчали тестуванням мінімальної бактерицидної концентрації меду використовуючи метод мікророзведень, застосовуючи інкубування мікропланшетів з живильними середовищем та нанесенням бактеріальної суспензії. Встановили ботанічне походження досліджуваних зразків меду: 11 *Helianthus*, 10 *Robinia*, 3 *Brassica*, 2 *Tilia*. З них, 12 зразків меду проявили бактерицидну дію: 6 *Helianthus*, 3 *Robinia*, 1 *Brassica*, 2 *Tilia*. Тільки 1 зразок соняшникового меду (№ 8) зумовлював загибель бактерій у низькій концентрації 0,118 г/мл. Він мав не високий рівень монофлорності – 68 % (*Helianthus* 68 %, *Medicago* 18 %, *Trifolium* 14 %). Інші зразки меду за розведення у низьких концентраціях не проявляли бактерицидної дії. У концентрації 0,375 г/мл бактерицидну дію проявили 4 досліджувані зразки, з них 2 соняшникових (№ 5, 13), липовий (№ 18) та ріпаковий (№ 14). У концентрації 0,750 г/мл бактерицидну дію проявили 7 досліджуваних зразків, з них 3 соняшникових (№20, 24, 25), 3 акацієвих (№ 4, 9, 15) та 1 липовий сорти (№19).

**Ключові слова:** сальмонела, монофлорний сорт меду, мелісопалінологія, мінімальна бактерицидна концентрація

**Актуальність.** Сальмонела – це харчовий зоонозний мікроорганізм, який викликає діарейні захворювання у людей після вживання забрудненої води, продуктів тваринного та рослинного походження. Бактерія є третьою провідною причиною смерті людей серед діарейних захворювань у всьому світі (Mkangara, 2023). Таким чином, сальмонельоз людини викликає занепокоєння у сфері охорони здоров'я, що вимагає комплексного втручання проти збудника *Salmonella enterica*. Серед стратегій запобігання та контролю розповсюдження сальмонели в продуктах тваринного та рослинного походження – заходи біозахисту, ізоляція та карантин, епідеміологічний нагляд тварин, системи ведення сільського господарства у рослинництві, застосування спеціальних трав й спеції у харчових технологіях, вакцинація людей світі (Mkangara, 2023). Іншими заходами є застосування фагів, пробіотиків, пребіотиків і наночастинок, які володіють інгібуючими або бактерицидними агентами (Song et al., 2023). Широкими бактерицидними властивостями володіє мед натуральний, тому дослідження його дії проти *Salmonella enterica*, є актуальним напрямом наукової роботи.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Антибактеріальна

активність меду чітко пов'язана з рослинним походженням (сортом) (Almasaudi et al., 2017), метаболізмом медоносних бджіл (додаванням бджолиних ферментів) (Sekar et al., 2023), екологічно-сезонно-кліматичними умовами виробництва (Ghranh et al., 2018), первинної обробки та зберігання, які впливають на фізичні та хімічні властивості продукту (Balázs et al., 2023). Антимікробні сполуки меду можна розділити на дві різні групи: з перекисною дією та з неперекисною дією. Перекис водню, особливо отримана з рослин, є компонентом, відповідальним за антибактеріальну активність сполуки меду з перекисною дією (Taormina et al., 2001). Він виробляється в аеробних умовах глюкозооксидазою з глюкози (De-Melo et al., 2018). Інші фактори беруть участь в антибактеріальній активності меду: висока осмолярність, кислотність, антиоксидантна активність, оксид азоту, підвищення лімфоцитарної та фагоцитарної активності, зниження рівня простагландинів (Edo et al., 2023; Kumar et al., 2024). Доведено, що ці фактори можуть пригнічувати ріст бактерій і вироблення токсинів, та впливати на експресію бактеріальної біоплівки та структуру стінки бактеріальної клітини (Kumar et al., 2024).

Наукові огляди з різних країн світу (Chikhaoui et al., 2023)

Адамчук Л. О., Войналович М. В.

підтверджують антибактеріальну дію меду проти різних штамів бактерій *Salmonella* spp. Тестування антибактеріальної дії показали різницю в інгібуванні *Salmonella* spp. залежно від використаних сортів меду та цільових штамів бактерій. Автори рекомендують використовувати мед окремо або в поєднанні з антибіотиками, які стали неефективними проти резистентних штамів бактерій. Інші науковці (Mahamed & Wolde, 2024), отримали дані, які вказують на пригнічення росту *Salmonella* водними розчинами меду у концентраціях 100 г, 50 г, 25 г у 100 мл дистильованої води.

**Мета.** Встановити бактерицидну дію монофлорних сортів меду поширених в Україні проти *Salmonella enterica*.

**Методи.** Зразки меду-сирцю (26) було отримано безпосередньо від бджолярів з різних регіонів України, які зберігали в стерильних пластикових колбах при кімнатній температурі в темряві. У всіх зразках меду було встановлено відсутність антибіотиків, відповідно представлених протоколів досліджень. Аналіз, проведений зовнішніми лабораторіями за допомогою ВЕРХ, підтвердив відсутність тетрациклінів, сульфонамідів і стрептоміцину в усіх зразках меду. Ботанічне походження зразків меду ґрунтувалося на пилковому спектрі, що підтверджувалося удосконаленим

методом мелісопалінології (Adamchuk, 2020).

Штами бактерій були отримані з міжнародної колекції типових культур, під назвою *Salmonella enterica* serovar. *Typhimurium* ССМ 3807. Штами зберігалися при  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  у суспензії гліцерину до їх використання. Перед визначенням антибактеріальної активності штами культивували в бульйоні ВНІ (Brain Hearth Infusion, Oxoid, Мілан, Італія) протягом 24 год за температури  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  в аеробних умовах.

Зразки меду з мінімальною бактерицидною концентрацією (МВС) зважували (1,5 г) і розводили в 2 мл бульйону ВНІ. Для визначення застосовували метод мікророзведень із використанням 96-лункових поліпропіленових мікропланшетів. Бактеріальні суспензії регулювали за стандартною шкалою каламутності McFarland, щоб отримати приблизно  $1,5 \times 10^8$  КУО/мл для штаму. Як негативний контроль використовували стерильний бульйон ВНІ. Мікропланшети інкубували при  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом 24 год у вологій камері в аеробних умовах. Для оцінки росту мікроорганізмів МВС визначали шляхом нанесення по одній краплі з кожної лунки, яка показала концентрацію меду. Значення МВС визначали як найнижчі концентрації, які спричинювати загибель колоній бактерій. Результати МВС були виражені як мода (значення, яке з'являється найчастіше), а порівняння

Адамчук Л. О., Войналович М. В.

антибактеріальної активності зразків оцінювалося за допомогою t-тесту. Значення  $p \leq 0,05$  вважалися статистично значущим. Дослідження проводили згідно методів Fratini et al. (2017).

Кислотність зразків меду визначали стандартизованими методами згідно ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови».

Середнє арифметичне обраховували вбудованими функціями Microsoft Excel 365.

**Результати.** Встановили ботанічне походження зразків меду за допомогою мелісопалінологічного аналізу, серед них: 11 *Helianthus*, 10 *Robinia*, 3 *Brassica*, 2 *Tilia* (див. табл. 1).

### 1. Мелісопалінологічне дослідження та тестування мінімальної бактерицидної концентрації меду проти *Salmonella enterica*

№	Сорт	Домінуючий пилок, %	MBC mode, г/мл
1	Ріпаковий, <i>Brassica</i> spp.	<i>Brassica</i> 99, <i>Taraxacum</i> 1	>0,750
2	Ріпаковий, <i>Brassica</i> spp.	<i>Brassica</i> 97, <i>Taraxacum</i> 3	>0,750
3	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 69, <i>Trifolium</i> 12, <i>Tilia</i> 10	>0,750
4	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 25, <i>Phacelia</i> 12, <i>Taraxacum</i> 3	0,750
5	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 71, <i>Trifolium</i> 11, <i>Medicago</i> 8	0,375
6	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 31, <i>Castanea</i> 11, <i>Taraxacum</i> 4	>0,750
7	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 27, <i>Phacelia</i> 10, <i>Aesculus</i> 4	>0,750
8	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 68, <i>Medicago</i> 18, <i>Trifolium</i> 14	0,188
9	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 29, <i>Phacelia</i> 11	0,750
10	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 63, <i>Salvia</i> 17, <i>Medicago</i> 11, <i>Trifolium</i> 9,	>0,750
11	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 72, <i>Medicago</i> 12, <i>Trifolium</i> 10, <i>Phacelia</i> 6	>0,750
12	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 35, <i>Phacelia</i> 9, <i>Taraxacum</i> 6	>0,750
13	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 90, <i>Medicago</i> , <i>Trifolium</i> 3, <i>Thymus</i> 3	0,375
14	Ріпаковий, <i>Brassica</i> spp.	<i>Brassica</i> 98, <i>Taraxacum</i> 2	0,375
15	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 21, <i>Phacelia</i> 10, <i>Aesculus</i> 8	0,750
16	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 34, <i>Aesculus</i> 13, <i>Phacelia</i> 11, <i>Taraxacum</i> 5	>0,750
17	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 25, <i>Aesculus</i> 17, <i>Amorpha</i> 9, <i>Taraxacum</i> 2	>0,750
18	Липовий, <i>Tilia</i> spp.	<i>Tilia</i> 25, <i>Aesculus</i> 12	0,375
19	Липовий, <i>Tilia</i> spp.	<i>Tilia</i> 31, <i>Aesculus</i> 14	0,750
20	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 75, <i>Medicago</i> 13, <i>Trifolium</i> 12	0,750
21	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 39, <i>Aesculus</i> 12, <i>Phacelia</i> 11	>0,750
22	Акацієвий, <i>Robinia</i> spp.	<i>Robinia</i> 28, <i>Phacelia</i> 12, <i>Aesculus</i> 7, <i>Trifolium</i> 2, <i>Tilia</i> 2	>0,750

Адамчук Л. О., Войналович М. В.

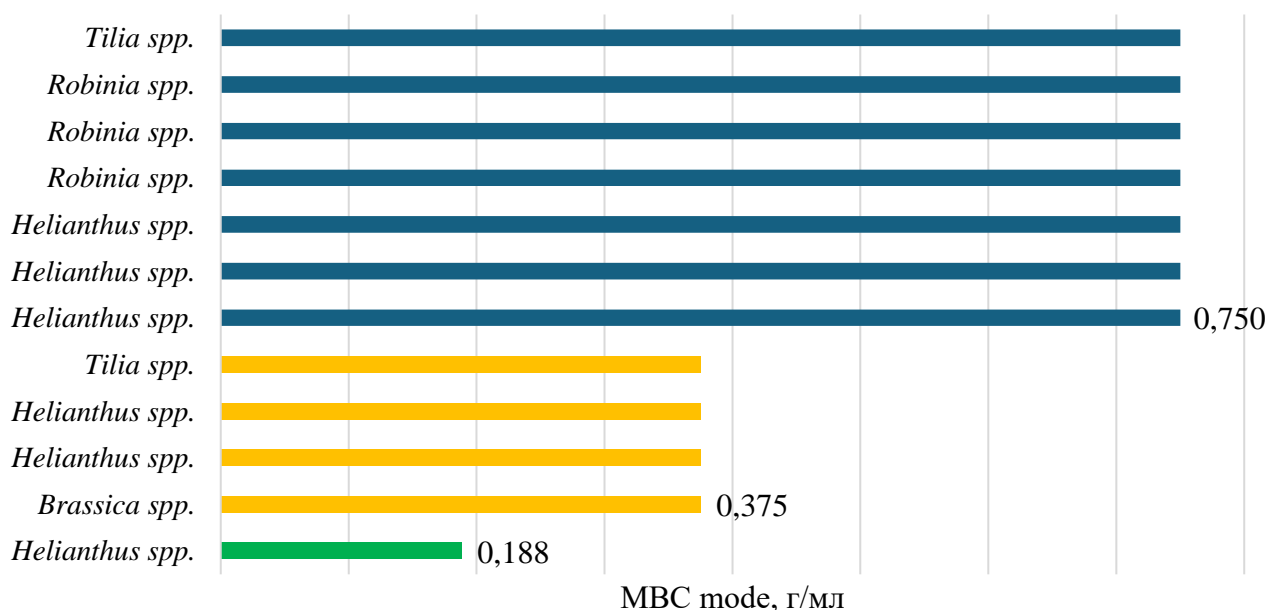
23	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 85, <i>Trifolium</i> 9, <i>Medicago</i> 6	>0,750
Продовження таблиці 1			
1	2	3	4
24	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 99, <i>Trifolium</i> 1	0,750
25	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 91, <i>Medicago</i> 9	0,750
26	Соняшниковий, <i>Helianthus</i> spp.	<i>Helianthus</i> 94, <i>Trifolium</i> 4, <i>Taraxacum</i> 2	>0,750

Загалом, з 26 досліджених зразків, 12 – проявляли бактерицидну дію (див. рисунок) проти *Salmonella enterica*, серед них були усі сорти (соняшниковий, акацієвий, ріпаковий, липовий). Натомість, *Salmonella enterica* була стійкою проти концентрації 0,750 г/мл для 14 зразків меду (№1–3, 6–7, 10–12, 16–17, 21–23, 26) (табл. 1).

Серед зразків меду, які проявили виражену бактерицидну дію 1 ріпаковий, 2 липових, 3 акацієвих, 6 соняшникових. За цього, лише один зразок соняшникового меду (№ 8) зумовлював загибель бактерій у низькій концентрації 0,118 г/мл. Він

мав не високий рівень монофлорності – 68 % (*Helianthus* 68 %, *Medicago* 18 %, *Trifolium* 14 %). Інші зразки меду не проявляли бактерицидної дії за розведення у низьких концентраціях.

Бактерицидну дію у концентрації 0,375 г меду на 1 мл бульйону, проявили 4 досліджувані зразки, з них 2 соняшникових (№ 5, 13), липовий (№ 18) та ріпаковий (№ 14). Серед них, високу монофлорність мали ріпаковий та один із соняшникових медів. Натомість, липовий сорт – мав низьку монофлорність (*Tilia* 25 %, *Aesculus* 12 %, суміш інших 63 %).



**Бактерицидна дія різних монофлорних сортів меду проти *Salmonella enterica***

Лише 3 (№ 4, 9, 15) з 10 зразків акацієвого меду проявили бактерицидну дію проти *Salmonella enterica* у високій концентрації 0,750 г/мл. У цій же концентрації виявили бактерицидну дію 3 соняшникових (№ 20, 24, 25) та 1 липовий (№19) сорти.

Загалом, бактерицидну дію у різних концентраціях проявляли 100 % досліджених зразків липового меду, 54 % – соняшникового, 33 % – ріпакового, 30 % – акацієвого. Поряд з цим, різна кількість досліджуваних зразків за сортами, не дозволяє робити чіткі висновки.

Отже, у процесі досліджень, нами не було виявлено зв'язків між

ботанічним походженням, зокрема ступенем монофлорності та бактерицидною дією. Тому, в подальшому, було проведено порівняльне дослідження між зразками меду, які проявляли бактерицидну дію у різних концентраціях розведень та інших, для яких не було встановлено мінімальної бактерицидної концентрації за показниками кислотності (табл. 2). Адже відомо (Mohd-Aspar et al., 2023), що кислотність, як і пероксидні та непероксидні сполуки, можуть сприяти антибактеріальним властивостям меду.

**2. Показники кислотності, які можуть впливати на антибактеріальні властивості меду**

З вираженою антибактеріальною дією у різних концентраціях розведень				Без вираженої антибактеріальної дії у різних концентраціях розведень			
№	сорт	pH	кислотність, мекв/кг	№	сорт	pH	кислотність, мекв/кг
4	<i>Robinia</i> spp.	3,9	11,3	1	<i>Brassica</i> spp.	4,2	14,8
5	<i>Helianthus</i> spp.	3,9	28,6	2	<i>Brassica</i> spp.	3,8	10,7
8	<i>Helianthus</i> spp.	3,9	21,0	3	<i>Helianthus</i> spp.	3,8	24,7
9	<i>Robinia</i> spp.	4,0	11,5	6	<i>Robinia</i> spp.	3,8	11,3
13	<i>Helianthus</i> spp.	3,9	24,2	7	<i>Robinia</i> spp.	3,5	11,6
14	<i>Brassica</i> spp.	4,1	13,3	10	<i>Helianthus</i> spp.	3,9	27,9
15	<i>Robinia</i> spp.	3,9	10,8	11	<i>Helianthus</i> spp.	3,8	28,6
18	<i>Tilia</i> spp.	4,5	24,3	12	<i>Robinia</i> spp.	3,8	11,3
19	<i>Tilia</i> spp.	4,2	19,8	16	<i>Robinia</i> spp.	4,0	11,3
20	<i>Helianthus</i> spp.	3,8	20,3	17	<i>Robinia</i> spp.	4,0	10,9
24	<i>Helianthus</i> spp.	3,8	27,7	21	<i>Robinia</i> spp.	3,7	10,1
25	<i>Helianthus</i> spp.	3,9	24,6	22	<i>Robinia</i> spp.	4,0	8,7
				23	<i>Helianthus</i> spp.	3,8	30,3
				26	<i>Helianthus</i> spp.	3,8	22,1
Середнє арифметичне значення		3,98	19,78	-	-	3,85	16,74

Адамчук Л. О., Войналович М. В.

Як видно, з таблиці 2, зразки меду з вираженою антибактеріальною дією у різних концентраціях розведень мали вищу кислотність у середньому на 3,04 мекв на кг меду. За цього, рівень рН зміщувався у бік нейтральності лише на 0,13 одиниць для зразків меду з вираженою антибактеріальною дією.

Отже, показник кислотності меду (за міліеквівалентами гідроксиду натрію на кг) вказує на антибактеріальну дію меду проти *Salmonella enterica*. Слід зазначити, що згідно ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови», цей показник не має перевищувати 40 мекв/кг.

### Висновки і перспективи.

Виражену бактерицидну дію поширених монофлорних сортів меду проти штаму *Salmonella enterica serovar. Typhimurium* ССМ 3807 встановили за мінімальною бактерицидною концентрацією у трьох розведеннях та виразили через моду (MBC mode, г/мл).

З 26, 12 зразків меду проявили виражену бактерицидну дію: 6 *Helianthus*, 3 *Robinia*, 1 *Brassica*, 2 *Tilia*. 1 зразок соняшникового меду

зумовлював загибель бактерій у низькій концентрації 0,118 г/мл. Інші зразки меду за розведення у низьких концентраціях не проявляли бактерицидної дії. У концентрації 0,375 г/мл бактерицидну дію проявили 4 досліджувані зразки, з них 2 соняшникових, липовий та ріпаковий. У концентрації 0,750 г/мл бактерицидну дію проявили 7 досліджуваних зразків, з них 3 соняшникових, 3 акацієвих та 1 липовий сорти.

Зразки меду з вираженою бактерицидною дією у різних концентраціях розведень мали вищу кислотність у середньому на 3,04 мекв гідроксиду натрію на кг меду. За цього, рівень рН зміщувався у бік нейтральності лише на 0,13 одиниць для зразків меду з вираженою бактерицидною дією.

Перспективним у подальшому є визначення додаткових фізико-хімічних показників, які будуть вказувати на бактерицидну дію різних сортів меду, а також уточнення залежностей між їхнім ботанічним походженням та інгібуючою здатністю.

### References

1. Adamchuk, L. (2020). Improvement of the Method of Botanical Identification of Honey. *Food Science and Technology*, 14 (4), 31–42. doi: 10.15673/fst.v14i4.1895.
2. Almasaudi, S. B., Al-Nahari, A. A., El Sayed, M., Barbour, E., Al Muhayawi, S. M., Al-Jaouni, S., Azhar, E., Qari, M., Qari, Y.A., & Harakeh, S. (2017). Antimicrobial effect of

different types of honey on *Staphylococcus aureus*. *Saudi journal of biological sciences*, 24(6), 1255–1261. doi:10.1016/j.sjbs.2016.08.007.

3. Balázs, V. L., Nagy-Radványi, L., Bencsik-Kerekes, E., Koloh, R., Szabó, D., Kocsis, B., Kocsis, M., & Farkas, Á. (2023). Antibacterial and antibiofilm effect of unifloral honeys against bacteria isolated from chronic

Адамчук Л. О., Войналович М. В.

wound infections. *Microorganisms*, 11(2), 509. doi:10.3390/microorganisms11020509.

4. Chikhaoui, M., El Hajjouji, H., Belghiti, A., Badri, W., & Mouslim, J. (2023). Antibacterial activity of honey on some antibiotic-resistant strains, systematic review. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 9(1), 165–183. doi:10.48347/IMIST.PRSM/ajmap-v9i1.30042.

5. Edo, G. I., Onoharigho, F. O., Akpogheli, P. O., Akpogheli, E. O., Agbo, J. J., Agoh, E., & Lawal, R. A. (2023). Natural Honey (Raw Honey): Insights on Quality, Composition, Economic and Health Effects: A Comprehensive Review. *Food Science and Engineering*, 265–293. doi:10.37256/fse.4220232713.

6. Fratini, F., Mancini, S., Turchi, B., Friscia, E., Pistelli, L., Giusti, G., & Cerri, D. (2017). A novel interpretation of the Fractional Inhibitory Concentration Index: The case *Origanum vulgare* L. and *Leptospermum scoparium* JR et G. Forst essential oils against *Staphylococcus aureus* strains. *Microbiological research*, 195, 11–17. doi:10.1016/j.micres.2016.11.005.

7. Ghramh, H. A., Khan, K. A., & Alshehri, A. M. A. (2019). Antibacterial potential of some Saudi honeys from Asir region against selected pathogenic bacteria. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 1278–1284. doi:10.1016/j.sjbs.2018.05.011.

8. Kumar, R., Kumar, S., & Kanwar, S. S. (2024). Pharmacological Properties of Honey. In *Biomedical Perspectives of Herbal Honey* (pp. 19–33). Singapore: Springer Nature Singapore.

9. Machado De-Melo, A. A., Almeida-Muradian, L. B. D., Sancho, M. T., & Pascual-Maté, A. (2018). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of*

*Apicultural Research*, 57(1), 5–37. doi:10.1080/00218839.2017.1338444.

10. Mahamed, S., & Wolde, R. (2024). Antibacterial Effect of *Apis Mellifera* Bees Honey, Garlic Extracts and Their Combination Against *Salmonella* in Wolayta Sodo, Southern Ethiopia.[preprint]. doi:0.21203/rs.3.rs-3715467/v1.

11. Mkgangara, M. (2023). Prevention and control of human *Salmonella enterica* infections: An implication in food safety. *International Journal of Food Science*, 2023, 8899596. doi:10.1155/2023/8899596.

12. Mohd-Aspar, M. A. S., Edros, R., Mokhtar, S. U., & Kamarudin, N. (2023). The roles of acidity, peroxide and non-peroxide compounds in antibacterial properties of Malaysian Kelulut, Tualang and Acacia honey. *Malaysian Journal of Microbiology*, 19(3), 291–300. doi:10.21161/mjm.220084.

13. Sekar, M., Zuraini, N. Z. A., Rani, N. N. I. M., Lum, P. T., & Gan, S. H. (2023). Antimicrobial Properties of Honey. *Honey: Composition and Health Benefits*. 186–196. doi: 10.1002/9781119113324.ch13.

14. Song, D., Lee, J., Oh, H., Chang, S., An, J., Park, S., Jeon, K., Cho, Y., Yoon, Y., & Cho, J. (2023). Effects of probiotics on growth performance, intestinal morphology, intestinal microbiota weaning pig challenged with *Escherichia coli* and *Salmonella enterica*. *Journal of Animal Science and Technology*. 2055-0391, 2672-0191. doi:10.5187/jast.2023.e119.

15. Taormina, P. J., Niemira, B. A., & Beuchat, L. R. (2001). Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by the presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant power. *International journal of food microbiology*, 69(3), 217–225. doi:10.1016/S0168-1605(01)00505-0.

## RESEARCH OF THE HONEY BACTERICIDAL ACTION AGAINST *SALMONELLA ENTERICA*

L. O. Adamchuk, M. V. Voinalovych

**Abstract.** *Salmonellosis is a registered gastrointestinal disorder in the EU caused by the consumption of foods contaminated with Salmonella enterica. Symptoms include gastroenteritis, abdominal cramps, bloody diarrhea, fever, myalgia, headache, nausea, and vomiting. The current direction of research is the search for ways and means*

Адамчук Л. О., Войналович М. В.

*of preventing salmonellosis, including the consumption of health products. Natural honey has broad bactericidal properties. The aim of the research was to establish the bactericidal effect of monofloral type of honey against Salmonella enterica. The materials were 26 samples of monofloral varieties of honey: rapeseed, acacia, linden, sunflower; and bacterial strains from the international collection of typical cultures of the Salmonella enterica serovar. Typhimurium CCM 3807. The botanical origin of the honey samples was established using melissopalynological analysis. The antibacterial effect was studied by testing the minimum bactericidal concentration of honey using the microdilution method, using the incubation of microplates with a nutrient medium and the application of a bacterial suspension. The botanical origin of the examined honey samples was established: 11 Helianthus, 10 Robinia, 3 Brassica, 2 Tilia. Of them, 12 samples of honey showed a bactericidal effect: 6 Helianthus, 3 Robinia, 1 Brassica, 2 Tilia. Only 1 sample of sunflower honey (No. 8) caused the death of bacteria at a low concentration of 0.118 g/ml. It didn't have a high level of monoflorality – 68% (Helianthus 68%, Medicago 18%, Trifolium 14%). Other samples of honey when diluted in low concentrations didn't show a bactericidal effect. At a concentration of 0.375 g/ml, 4 studied samples showed a bactericidal effect, including 2 sunflower (No. 5, 13), linden (No. 18) and rapeseed (No. 14). At a concentration of 0.750 g/ml, 7 tested samples showed a bactericidal effect, including 3 sunflower types (No. 20, 24, 25), 3 acacia (No. 4, 9, 15) and 1 linden types (No. 19).*

**Key words:** *Salmonella, monofloral type of honey, melissopalynology, minimal bactericidal concentration*

**How to Cite:** Adamchuk, L., & Voinalovych, M. (2024). Research of the honey bactericidal action against Salmonella enterica. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.012](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.012)

УДК 663.3

**АСКОРБІНОВА КИСЛОТА ТА ФЕНОЛЬНІ СПОЛУКИ У ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НЕКРІПЛЕНИХ ВІНОМАТЕРІАЛАХ****А.Ю. ТОКАР**, доктор сільськогосподарських наук, професор<https://orcid.org/0000-0003-0865-5725>*E-mail:* anastasi.oleynik@gmail.com**І.В. ГАЙДАЙ**, кандидат технічних наук, доцент<https://orcid.org/0000-0002-9202-0062>

Уманський національний аграрний університет

**В.І. ВОЙЦЕХІВСЬКИЙ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент<https://orcid.org/0000-0003-3568-0985>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**О.В. ВОЙЦЕХІВСЬКА**, кандидат біологічних наук, доцент<https://orcid.org/0000-0002-6983-5781>

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.013](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.013)

**Анотація.** У статті наведено результати досліджень вмісту аскорбінової кислоти (АК) і фенольних сполук (ФС) у некріплених плодово-ягідних виноматеріалах, виготовлених з плодів яблуні, груші, ожини, чорної шовковиці, суниці, вишні, агрусу, йошти, чорної смородини, вирощених за умов Центрального Лісостепу України. Різноманітна плодоягідна сировина характеризується високим вмістом біологічно активних речовин, зокрема аскорбінової кислоти і фенольних сполук, вміст яких у некріплених виноматеріалах і винах вивчено недостатньо. Аскорбінова кислота та фенольні речовини беруть участь у окиснювально-відновних процесах як антиоксиданти. Некріплені плодово-ягідні виноматеріали, придатні для приготування сортових і купажних вин, містять АК і ФС. Зокрема, у яблучному виноматеріалі з об'ємною часткою етилового спирту природного набору 14,9% масова концентрація АК становить 96 мг/дм<sup>3</sup>, ФС – 620 мг/дм<sup>3</sup>; грушевому з концентрованого соку відповідно 14,6, 102, 650; ожиновому – 14,9, 132, 1800; чорношовковичному – 14,1, 230, 1850; суничному – 14,1, 280, 1500; вишневому – 16,5, 204, 2100; агрусовому – 14,9, 238, 1350; йоштовому – 14,2, 370, 1320; чорносмородиновому – 14,5, 306, 2150 мг/дм<sup>3</sup>. Некріплені плодово-ягідні виноматеріали у 100 см<sup>3</sup> містять від 13,7% до 52,8% добової потреби дорослої людини в аскорбіновій кислоті, за вмістом натуральних поліфенолів не поступаються перед виноградними винами, наразі некріплені плодово-ягідні вина з відповідних виноматеріалів можуть розглядатися як продукти здатні захистити організм людини від несприятливої дії навколишнього середовища. Яблучні виноматеріали характеризуються оптичними характеристиками наближеними до столових білих виноградних вин, грушеві з концентрованого соку виходять за межі останніх. Некріплені виноматеріали з ожини, чорної

Токар А. Ю., Гайдай І. В., Войцехівський В. І., Войцехівська О. В.

*шовковиці, вишні, агрусу, йошти і чорної смородини відповідають характеристикам виноградних столових червоних вин. Некріплені виноматеріали з суниці за оптичними характеристиками слід відносити до рожевих вин.*

**Ключові слова:** некріплені плодово-ягідні виноматеріали, аскорбінова кислота, фенольні речовини, оптичні характеристики

**Актуальність.** У третьому тисячолітті важливо пам'ятати про захист людини від несприятливого впливу низки факторів навколишнього середовища. Також нині, у прагненні до надприбутків, виробляється все більше продуктів з штучними смаковими наповнювачами, барвниками, ароматизаторами, консервантами тощо (Lytovchenko, 2010). В Україні до антиалкогольної компанії виробництво плодово-ягідних вин мало масовий характер та це були переважно вина, кріплені спиртом-ректифікатом, не завжди високої якості. Некріплених вин виробляли зовсім мало, в основному, через складність технології. Зовсім не надавали уваги дієтичній цінності плодово-ягідних вин. Різноманітна плодоягідна сировина характеризується високим вмістом біологічно активних речовин (БАР), збереження яких у винах недостатньо вивчене, що визначає актуальність наших досліджень. Доцільність досліджень підтверджується також необхідністю розроблення крафтових технологій для малих і фермерських господарств, адже на них покладено майбутнє виробництво некріплених

вин з власної сировини в Україні (State of winemaking in Ukraine).

**Метою** статті є дослідження та аналіз біологічної цінності за вмістом аскорбінової кислоти і фенольних сполук некріплених виноматеріалів з плодів яблуни, груші, ожини, шовковиці, суниці, вишні, агрусу, йошти, чорної смородини, вирощених в умовах Центрального Лісостепу України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В.В. Скрипник розробив фундаментальні основи виготовлення некріплених алкогольних напоїв з фруктової сировини з об'ємною часткою (о. ч.) етилового спирту 13%, які назвав фруктанами. У 2010 році в Україні введено в дію державний стандарт на плодово-ягідні вина, у якому окремою групою виділено некріплені вина з о. ч. етилового спирту 14-15% міцні з масовою концентрацією (м. к.) цукрів 20-80 г/дм<sup>3</sup>, солодкі - 90-130, десертні – 140-190 г/дм<sup>3</sup> та лікерні з об'ємною часткою етилового спирту 13-15% і максимальною концентрацією цукрів 200-300 г/дм<sup>3</sup>. М. к. титрованих кислот для всіх типів вин 5-8 г/дм<sup>3</sup>, летких кислот - не більше 1,3 г/дм<sup>3</sup>, залишкового екстракту – не менше 12

Токар А. Ю., Гайдай І. В., Войцехівський В. І., Войцехівська О. В.

г/дм<sup>3</sup> (Skrypnyk, 1991; State Standard of Ukraine 6036:2008).

Плодоягідна сировина характеризується різноманітним хімічним складом залежно від виду, сорту, умов вирощування тощо. За даними В.А. Колтунова яблука містять СРР 12-17%, цукрів у середньому 11%, органічних кислот 0,2-2,8%, вітаміну С близько 13 мг%; груші – цукрів – 6,0-16,0, кислот – 0,1-0,3, вітаміну С – 3,0-17,0, йоду до 20 мг%; вишні – СРР 12,2-19,3%, цукрів – 7,7-11,1, кислот – 1,0-2,2, вітаміну С – 8,1-22,7 мг/100г, Р-активних сполук – 380-821,4 мг/100г; ягоди чорної смородини – СРР 12,96-16,30%, цукрів – 6,48-10,0, кислот – 2,0-3,68, вітаміну С – 126-229 мг/100г, сума Р-активних сполук – 497-873 мг/100г; ягоди агрусу – цукрів – 7-13, кислот – 1,0-3,0, вітаміну С – 40-50 мг/100г, Р-активних сполук – 0,4-0,5% (Koltunov, 2009). Ягоди суниці можуть містити від 4,8 до 6,6% цукрів, мати кислотність від 0,52 до 1,42%, вміст вітаміну С – від 41,6 до 84,1 мг% (Rybak et al., 1990). У ягодах ожини накопичується титрованих кислот 12-20 г/дм<sup>3</sup> та 5% цукрів (Lytovchenko, Токар, 2007). Ожина містить фенольних сполук – 168 і 15 мг/100г аскорбінової кислоти (Chemical composition of blackberry, 2024). У ягодах шовковиці чорної знайдено 10% цукрів, 36 мг/100г аскорбінової кислоти (Black mulberry, 2024). Плоди йошти містять 8-9% цукрів, 2,5-3,2%

титрованих кислот (Cultivation and processing of yoshta berries, 1994), біофлавоноїдів – 320-380 мг/100г (Mikulic-Petkovsek et al., 2012; Veberic et al., 2015), вітамін С – 113-450 мг/100г (Kalugina et al., 2017; Donno et al., 2018).

Аскорбінова кислота – найбільш поширена серед вітамінів у рослинному світі. В організмі людини бере участь в окиснювально-відновних процесах як антиоксидант, в процесах тканинного дихання, поліпшує засвоєння заліза, бере участь у забезпеченні біосинтезу нуклеїнових кислот, білків, інших сполук. Вітамін С підтримує стан кровоносних судин, шкіри і кісткової тканини, нормалізує діяльність імунної, ендокринної та центральної нервової систем, сприяє кровотворенню та знешкодженню і виведенню сторонніх сполук і токсинів. Аскорбінова кислота синтезується рослинами і більшістю тварин, організм людини не здатний до синтезу цього вітаміну (Kaprelyants and Iorgachova, 2003).

Функції фенольних сполук (ФС) у рослинах дуже різноманітні і остаточно не досліджені. Збереження кольору, властивого для даної сировини, вказує на досконалість технології, а будь-яка зміна кольору – на деструкцію БАР. Визначна роль у перетворенні БАР плодоягідної сировини припадає на долю окиснювальних процесів, кисню і його похідних (Chemistry and

Токар А. Ю., Гайдай І. В., Войцехівський В. І., Войцехівська О. В.

biochemistry of wine, 2007; Chauchcoli et al., 1998).

Переробка плодючої сировини пов'язана з тепловою обробкою, що сприяє руйнуванню барвних речовин (Korinna et al., 1999). Проте відмова від високих температур буде сприяти активації ферментативних окиснювальних процесів, зумовлених активною ферментною системою сировини (Telezhenko and Bezusov, 2004). Зміни БАР визначаються не стільки рівнем температури, а й тривалістю дії. За нагрівання при 100°C впродовж 40 хвилин антоціани суниці і вишні змінювалися до 92,8-93,3%, вітамін С яблук – до 71,1%.

Встановлено, що фенольні сполуки можуть виконувати роль антиоксидантів й запобігати передчасній і швидкій окисненості червоних вин. Фенольні сполуки - це біологічно активні речовини, які підвищують дієтичні й лікувально-профілактичні властивості вин. Фенольних речовин у винограді міститься 5-15 г/кг, у готовому білому вині 0,2-1,0 г/дм<sup>3</sup>, у червоному вині - 1,5-5,0 г/дм<sup>3</sup> (Chemistry and biochemistry of wine, 2007).

Даних щодо можливості виробництва неукріплених плодово-ягідних вин з високим вмістом біологічно активних речовин наразі недостатньо.

#### **Матеріали і методи досліджень.**

У досліджуваній сировині не міститься достатньої кількості

природних цукрів, отже, для забезпечення необхідної об'ємної частки етилового спирту у виноматеріалах у сусло додавали розраховану кількість цукру. Крім того, розглянута сировина різниться за вмістом титрованих кислот. Зокрема тільки деякі сорти яблук, вишні, суниці, шовковиці можуть бути використаними для приготування некріплених виноматеріалів з оптимальним вмістом титрованих кислот (Koltunov, 2009; Lytovchenko and Tokar, 2007; Black mulberry, 2024; Cultivation and processing of yoshta berries, 1994).

Для приготування сусел з груш, натуральні соки концентрували, а з чорної смородини, агрусу, йошти, ожини навпаки розводили водою, що призводить до значного зниження вмісту аскорбінової кислоти і фенольних речовин у виноматеріалах і винах. Зниження вмісту титрованих кислот у соках, які йдуть на приготування сусел, під час перероблення ягід з високим вмістом останніх, доводили до рівня не вище 9,5 г/дм<sup>3</sup> з метою максимального збереження природних біологічно активних речовин. Зброджування сусел з чорної смородини, агрусу, йошти, ожини рекомендуємо проводити з ягодами, з вишень – за додавання 10% плодів з видаленими кісточками. З яблук, суниці, шовковиці чорної та вишень сусла готували з натуральних соків. Сусла пастеризували за температури 85°C

Токар А. Ю., Гайдай І. В., Войцехівський В. І., Войцехівська О. В.

впродовж 3 хвилин (за винятком грушевих), для зброджування сусел застосували регенеровані активні сухі дріжджі раси ЕС-1118.

Об'ємну частку етилового спирту визначали стандартним ареометричним методом, масову концентрацію аскорбінової кислоти – йодатним методом (Methods of control of food products: teaching. Manual, 2017), фенольних речовин – спектрофотометрично за довжини хвилі 680 нм за допомогою реактиву Фоліна-Чокальтеу у перерахунку на галову кислоту. Оптичні характеристики визначали калориметричним методом із застосуванням кювети 3 мм (Methods of technochemical control in winemaking, 2009).

**Результати дослідження та їх обговорення.** За показником об'ємної частки етилового спирту досліджувані некріплені

виноматеріали можуть бути використані для приготування некріплених вин (табл. 1). Різниця пояснюється цільовим призначенням виноматеріалу: для сортового чи купажного вина і була відрегульована початковою концентрацією цукрів у суслі до бродіння. Зокрема, виноматеріали ожинний, агрусовий і чорносмородиновий – для міцних чи напівсолодких сортових вин, йоштовий і яблучний – для міцного сортового вина, вишневий – для десертного сортового вина, всі перераховані й решта – для купажних вин.

У таблиці 1 наведено вміст аскорбінової кислоти і фенольних сполук у плодово-ягідних некріплених виноматеріалах, виготовлених з сировини, що вирощена за умов Центрального Лісостепу України у 2023 році.

### 1. Вміст фенольних сполук та аскорбінової кислоти у некріплених виноматеріалах з плодів урожаю 2023 року

Назва виноматеріалу	Об'ємна частка етилового спирту, %	Масова концентрація, мг/дм <sup>3</sup>	
		аскорбінової кислоти	фенольних сполук
Яблучний ( з натурального соку)	14,9±0,2	96±5	620±19
Грушевий (з концентрованого соку)	14,6±0,1	102±3	650±15
Ожинний	14,9±0,2	132±4	1800±35
Чорношовковичний	14,1±0,1	230±5	1850±40
Суничний	14,1±0,1	280±8	1500±75
Вишневий	16,5±0,2	204±5	2100±35
Агрусовий	14,9±0,2	238±5	1350±20
Йоштовий	14,2±0,1	320±15	1020±30
Чорносмородиновий	14,5±0,2	306±3	2150±35

З даних таблиці видно, що у некріплених виноматеріалах натуральних плодово-ягідних міститься аскорбінова кислота.

Незважаючи на істотну деградацію у процесі виготовлення виноматеріалів, найвищий вміст був у виноматеріалах з йошти, чорної смородини, агрусу. Виноматеріали з плодів вишні, суниці і шовковиці, виготовлені з натуральних соків, поступалися перед виноматеріалами з йошти, чорної смородини, агрусу. Найнижчий вміст аскорбінової кислоти у яблучному, грушевому і ожиновому виноматеріалі пояснюється нижчим вмістом інгредієнту у відповідній сировині.

Результати наших досліджень підтверджують те, що некріплені виноматеріали містять аскорбінову кислоту і фенольні сполуки, що визначають їхню високу біологічну цінність. За даними О.М. Литовченка і С.Т. Тюріна (Lytovchenko and Tyurin, 1994) вміст аскорбінової кислоти у яблучних соках 10-20 мг/дм<sup>3</sup>, фенольних сполук – 624 мг/дм<sup>3</sup> у суничних відповідно 340 і 1198 мг/дм<sup>3</sup>. Порівняння з нашими даними показує, що натуральні некріплені виноматеріали з яблук містять близьку кількість до соків фенольних сполук, але переважають їх в декілька разів за вмістом аскорбінової кислоти. Суничні некріплені виноматеріали переважають відповідні соки за вмістом аскорбінової кислоти і фенольних сполук. За даними польських вчених (Laskovska et al., 2001) вміст аскорбінової кислоти у винах з чорної смородини складає 284,3–317,9

мг/дм<sup>3</sup>, що підтверджується і нашими даними. У поточних дослідженнях ми отримали наближені результати до одержаних нами раніше для суничних і йоштових виноматеріалів (Tokar et al., 2020; Haidai et al., 2019; Tokar et al., 2023).

Некріплені плодово-ягідні виноматеріали у 100 см<sup>3</sup> містять від 13,7% до 52,8% добової потреби дорослої людини в аскорбіновій кислоті, за вмістом ФС не поступаються перед виноградними винами, а некріплені плодово-ягідні вина з них можуть розглядатися як продукти здатні захистити організм людини від несприятливої дії навколишнього середовища.

Слід зазначити, що за вмістом фенольних сполук, некріплені плодово-ягідні виноматеріали можна класифікувати на білі з масовою концентрацією 200-1000 мг/дм<sup>3</sup> (яблучний і грушевий), червоні з масовою концентрацією 1500-5000 мг/дм<sup>3</sup> (ожиновий, шовковичний, вишневий і чорносмородиновий), вміст фенольних сполук відповідний до виноградних вин (Lytovchenko and Tokar, 2007). А суничний, агрусовий і йоштовий займають проміжне місце, масова концентрація фенольних сполук 1000-1500 мг/дм<sup>3</sup>. Колір у цих виноматеріалів світло червоний або рожевий.

Оптичні характеристики виноматеріалів також відрізнялися між собою (табл. 2).

## 2. Оптичні характеристики некріплених виноматеріалів з плодів урожаю 2023 року

Назва виноматеріалу	Оптична густина		Інтенсивність забарвлення (D <sub>420</sub> + D <sub>520</sub> )	Показник відтінку (D <sub>420</sub> /D <sub>520</sub> )
	D <sub>420</sub>	D <sub>520</sub>		
Яблучний ( з натурального соку)	0,13±0,01	0,11±0,01	0,24	1,18
Грушевий (з концентрованого соку)	0,36±0,02	0,11±0,01	0,47	3,27
Ожиновий	0,98±0,02	1,06±0,02	2,04	0,92
Чорношовковичний	1,35±0,03	1,70±0,02	3,05	0,79
Суничний	0,41±0,01	0,29±0,02	0,70	1,41
Вишневий	0,96±0,02	0,99±0,02	1,95	0,97
Агрусний	0,90±0,02	0,94±0,02	1,84	0,96
Йоштовий	0,60±0,01	0,60±0,02	1,20	1,00
Чорносмородиновий	0,88±0,02	0,94±0,02	1,82	0,94

За даними В.Г. Гержикової та ін. інтенсивність забарвлення для білих столових ординарних вин знаходиться в межах 0,10-0,20, марочних вин – 0,150-0,300; червоних столових ординарних вин – 1,050-3,000. Відтінок забарвлення відповідно 0,600-2,700, 3,000-5,600, 0,490-0,665, 0,710-1,350 (Methods of technochemical control in winemaking, 2009).

Отже, за інтенсивністю забарвлення і відтінком, яблучні виноматеріали відповідають білим столовим виноградним винам, а грушеві виноматеріали виходять за межі цих характеристик. Некріплені виноматеріали з ожини, чорної шовковиці, вишні, агрусу, йошти і чорної смородини відповідають за інтенсивністю забарвлення столовим червоним винам. Всі червоні виноматеріали мали відтінок забарвлення менше одиниці, що

характерно для молодих червоних вин. Некріплені виноматеріали з суниці за оптичними характеристиками слід відносити до рожевих вин.

**Висновки і перспективи.** Некріплені плодово-ягідні виноматеріали, придатні для приготування сортових і купажних вин, містять АК і ФС. Зокрема у яблучному виноматеріалі з об'ємною часткою етилового спирту природного наброду 14,9% масова концентрація АК становила 96 мг/дм<sup>3</sup>, ФС – 620 мг/дм<sup>3</sup>; грушевому з концентрованого соку відповідно 14,6, 102, 650; ожинового – 14,9, 132, 1800; чорношовковичному – 14,1, 230, 1850; суничному – 14,1, 280, 1500; вишневому – 16,5, 204, 2100; агрусному – 14,9, 238, 1350; йоштовому – 14,2, 370, 1320; чорносмородиновому – 14,5, 306, 2150. Натуральні некріплені плодово-

Токар А. Ю., Гайдай І. В., Войцехівський В. І., Войцехівська О. В.

ягідні виноматеріали у 100 см<sup>3</sup> містять від 13,7% до 52,8% добової потреби дорослої людини в аскорбіновій кислоті, за вмістом ФС не поступаються білим виноградними винами, і в той же час натуральні некріплені плодово-ягідні вина можуть розглядатися як продукти здатні захистити організм людини від несприятливої дії навколишнього середовища.

Яблучні виноматеріали характеризуються оптичними характеристиками наближеними до

столових білих виноградних вин, грушеві з концентрованого соку виходять за межі останніх. Некріплені виноматеріали з ожини, чорної шовковиці, вишні, агрусу, йошти і чорної смородини відповідають характеристикам виноградних столових червоних вин. Некріплені виноматеріали з суниці за оптичними характеристиками слід відносити до рожевих вин. Отримані дані доцільно враховувати при виробництві якісних плодово-ягідних вин підвищеної біологічної цінності.

[BE%D1%80%D0%BD%D0%BO](#) (access date 04.03. 2024).

### References

1. Lytovchenko O.M. (2010). Book: Health drinks by O.M. Lytovchenko. Uman: UKVPP, 182.

2. State of winemaking in Ukraine [Electronic resource] / Mode of access: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE\\_%D0%B2\\_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D0%B2_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96) (Retrieved from 10.01.2024 p.)

3. Skrypnyk V.V. (1991). Fructans Technology of fruit alcoholic beverages. Kyiv: Publishing House of UAA, 1991. 99.

4. State Standard of Ukraine 6036:2008. Fruit and berry wines. General technical conditions. [Effective from 2010-01-01]. Kyiv: State consumer standard of Ukraine. 11.

5. Koltunov V.A. (2009). Fruit and vegetable products. Kyiv: KNTEU, 356.

6. Lytovchenko O.M., Tokar A.Yu. (2007). Winemaking from fruits and berries: textbook. Uman: UVPP, 430.

7. Chemical composition of blackberry: URL:<https://healthapple.info/zdorovya-ta-organizm/ozhyna/> (access date 03.04.2024).

8. Black mulberry URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%86%D1%8F\\_%D1%87%D0%](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%86%D1%8F_%D1%87%D0%)

9. Cultivation and processing of yoshta berries (recommendations for agronomists and amateur gardeners), reviewed and approved by the Scientific Council of the Transcarpathian Institute of Agro-Industrial Production dated January 28, 1994. V. Bakhta. Uzhhorod: UVK "Patent", 27.

10. Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Stampar, F., Veberic, R. (2012). HPLC– MSn identification and quantification of flavonol glycosides in 28 wild and cultivated berry species. *Food Chemistry*. 135(4). P. 2138-2146.

11. Veberic, R., Slatnar, A., Bizjak, J., Stampar, F. (2015). Anthocyan in composition of different wild and cultivated berry species. *LWT - FoodScienceandTechnology*. 60(1). P. 509-517.

12. Kalugina, I., Kalugina, Y. (2017). Structural and mechanical properties of the jostaberry jelly. *Ukrainian J. of Food Science*. 5(1). 72-81.

13. Donno, D., Mellano, M.G., Prgomet, Z., Beccaro, G.L. (2018). Advances in Ribes x nidigrolaria Rud. Bauer & A. Bauer fruits as potential source of natural molecules: A preliminary study on physico-chemical traits of an under utilized berry *Publication: Scientia Horticulturae. Publisher: Elsevier. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.065*,

14. Kaprelyants L.V., Iorgachova K.G. (2003). Functional products. Odesa: DRUK, 312.

15. Chemistry and biochemistry of wine: a textbook / Domoretsky V.A., Marynchenko V.O., Bilko M.V. etc.; Under the editorship A.I. Ukrainian. Kyiv: NUFI, 2007. 261.
16. Chauchcoli A., BiliKhau T., Sattar A. (1998). Phenolis and quality of solorcabied driechpersimm on during storage. *Ital. J. FoodSci.* 3. 269-275.
17. Telezhenko L.M., Bezusov A.T. (2004). Biologically active substances of fruits and vegetables and their preservation during processing. Odesa: «Optimum», 268.
18. Korinna I.V., Telezhenko L.M., Kovalenko O.V. (1999). Complex technology of carrot processing for the purpose of obtaining carotene concentrates. *Science report OUFU*. Odesa, 19. 88-91.
19. Methods of control of food products: teaching. manual / Koroliuk T.A., Usatyuk S.I., Kostinova T.A., Filipchenko I.M. Kyiv: NUFI, 2017.146.
20. Methods of technochemical control in winemaking / edited by V.G. Gerzhikova. Simferopol: Taurida, 2009. 304.
21. Lytovchenko O.M., Tyurin S.T. (1994). About modern requirements for fruits, berries, juices, drinks and wines. Kyiv, 42.
22. Laskovska J., Czyzycki A., Wlodarczyk M. (2001). Witamina C procesie otrzymywania win z czanej porzechi. *Przem. ferment. owoc. – warz.* 45(4). 12–14.
23. Tokar A., Matenchuk L., Myroniuk S., Shcherbak M., Khareba V. (2020). Ascorbic acid and phenolic substances in strawberry – based unfortified wine materials. *Харчова наука і технологія.* 14(1). 81–88.
24. Haidai I., Novak L., Matenchuk L., Novikov V. (2019). Perspectives of raspberry use in oenology. *Carpathian J. of Food Science & Technology*, 11(1). 126.
25. Tokar A., Haidai I., Yushyna O., Bilko M., Zahorko N., Voitsekhivskiy V. (2023). The formation of natural fruit and berry wine from jostaberries. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 22(4), 375-384. DOI 10.17306/J.AFS.2023.1161

## ASCORBIC ACID AND PHENOLIC SUBSTANCES IN FRUIT AND BERRY UNFORCED WINES

A.Yu. Tokar, I.V. Haidai, V.I. Voitsekhivskiy, O.V. Voitsekhivska

**Abstract.** *The results of research on the content of ascorbic acid and phenolic substances in unfortified fruit and berry wine materials made from the fruits of apple, pear, blackberry, black mulberry, strawberry, cherry, gooseberry, joshta, black currant grown in the conditions of the Central Forest Steppe of Ukraine are presented in the article. Various fruit and berry raw materials are characterized by a high content of biologically active substances, in particular ascorbic acid (AA) and phenolic substances (PS), the content of which in unfortified wine materials and wines has not been sufficiently studied. Ascorbic acid (AA) participates in oxidation-reduction processes as an antioxidant, supports the normal functional work of the main systems of the human body. Phenolic substances (PS) have antioxidant properties, biologically active substances included in their composition increase the therapeutic and preventive properties of wines. Unfortified fruit and berry wine materials suitable for the preparation of varietal and blended wines contain AA and PS. In particular, in apple wine with a 14.9% volume fraction of ethyl alcohol of natural fermentation, the mass concentration of AA is equal to 96 mg/dm<sup>3</sup>, PS - 620 mg/dm<sup>3</sup>; pear from concentrated juice, respectively 14.6, 102, 650; blackberry - 14.9, 132, 1800; black mulberry - 14.1, 230, 1850; strawberry - 14.1, 280, 1500; cherry - 16.5, 204, 2100; gooseberry – 14.9, 238, 1350; yoshta – 14.2, 370, 1320; blackcurrant - 14.5, 306, 2150. Unfortified fruit*

Токар А. Ю., Гайдай І. В., Войцехівський В. І., Войцехівська О. В.

*and berry wine materials in 100 cm<sup>3</sup> contain from 13.7% to 52.8% of the daily need of an adult for ascorbic acid, in terms of FR content they are not inferior to grape wines, and unfortified fruit berry wines from them can be considered as products capable of protecting the human body from the adverse effects of the environment. Apple wines are characterized by optical characteristics close to table white grape wines, pear wines from concentrated juice go beyond the latter. Unfortified wine materials from blackberry, black mulberry, cherry, gooseberry, yoshta and black currant correspond to the characteristics of grape table red wines. According to the optical characteristics, unfortified wine materials from strawberries should be classified as pink wines.*

**Key words:** *unfortified fruit and berry wine materials, ascorbic acid, phenolic substances, optical characteristics*

**How to Cite:** Tokar, A., Haidai, I., Voitsekhivskyi, V., & Voitsekhivska, O. (2024). Ascorbic acid and phenolic substances in fruit and berry unforced wines. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.013](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.013)

УДК 636.92

## ВПЛИВ ПОРИ РОКУ НА РЕАЛІЗАЦІЮ ВІДТВОРЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ КРОЛЕМАТОК ПОРОДИ ПОЛТАВСЬКЕ СРІБЛО

О.А. ВІНТОНІВ, аспірант, <https://orcid.org/0009-0002-2690-4051>,

E-mail: [vintoniv\\_olya@ukr.net](mailto:vintoniv_olya@ukr.net)

*Інститут розведення і генетики тварин НААН ім. М.В. Зубця*

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.014](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.014)

**Анотація.** За результатами дослідження показників відтворювальної здатності кролематок породи полтавське срібло ( $n=50$  гол.) в умовах кролеферми Черкаської дослідної станції біоресурсів НААН встановлено особливості реалізації потенціалу відтворювальної здатності кролів залежно від сезону розмноження. Отримані дані дають змогу стверджувати, що не дивлячись на утримання кролів в приміщенні з регульованим мікрокліматом, ступінь реалізації показнику відтворювальної здатності кролематок породи сріблястий у значній мірі залежить від сезону розмноження. За результатами дослідження встановлено що при порівнянні середніх значень показнику багатоплідності зареєстровано вірогідне переважання кількісних параметрів досліджуваних гнізд у кролематок у весняний та осінній періоди – 7,1 голів, а найнижчим – взимку (5,9 гол.) ( $p<0,001$ ). Середнє значення показнику в літній період склав – 6,9 голів. Результати дослідження показнику маси гнізда в різні періоди постнатального розвитку молодняку засвідчили наявність різниці середніх значень залежно від сезону року. Встановлено, що мінімальним цей показник маси гнізда зареєстровано взимку (350,4 г), а максимальним – восени (434,9 г), весною та влітку – відповідно 432,4 г та 422,1 г, різниця при порівнянні до мінімального значення виявилася істотною ( $p<0,001$ ). Аналогічна тенденція спостерігалася впродовж усього періоду дослідження. Перевагу за показниками зміни живої маси гнізда мав молодняк отриманий від весняних та осінніх окролів. Результати дослідження частки збереженості молодняку за період від народження до відлучення засвідчили, що цей показник у залежності від сезону року мав незначну мінливість і становив для досліджуваних самок: взимку – 94,9 %, весною – 93,0 %, влітку – 92,9 % та восени – 94,4 %, що варто враховувати при плануванні роботи з відтворення поголів'я.

**Ключові слова:** кролі, сріблястий, сезон, багатоплідність, великоплідність, жива маса

**Актуальність.** Кролівництво в Україні є традиційним джерелом отримання дієтичного м'яса основна частка якого зосереджена в приватному секторі (97 %) і лише 3 % на кролефермах промислового типу

(Гончар та ін., 2020; Zamaratskaia et al, 2023). Найбільш поширеними породами для розведення залишаються традиційні для України породи м'ясного і м'ясо-шкуркового напряму продуктивності: сріблястий,

каліфорнійська, новозеландська біла, термон, радянська шиншила та ін. На промислових кролефермах найбільш поширеними є кроси *HuPlus*, кролі порід термон, новозеландська біла та каліфорнійська порода (Бащенко та ін. 2019; Гончар та ін., 2020; Коцюбенко 2013; Лучин 2022). Кролівники, які вирощують тварин в умовах дрібних кролеферм останнім часом звертають більше уваги на промислову технологію вирощування кролів, яка має як переваги так і недоліки. До перших можна віднести технологічність процесу вирощування кролів до недоліків – вартість стартової закупівлі обладнання, тому значна частина кролівників продовжують використовувати надвірне утримання кролів в клітках різних конструкцій (Коцюбенко 2012; Коцюбенко 2013; Коцюбенко та ін., 2017). Серед порід, які найбільш пристосовані до умов центральної частини України є порода кролів сріблястий (Бащенко та ін. 2019). Ця порода ідеально пристосована до умов надвірного утримання, проте наразі недостатньо інформації щодо ступеня реалізації, що зумовлює актуальність дослідження даного питання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанню дослідження рівня реалізації генетичного потенціалу продуктивності кролів залежно від дії паратипових і генетичних факторів присвячено ряд робіт як вітчизняних так і зарубіжних

авторів. Попри те, що кролі можуть давати потомство впродовж всього року, все ж встановлено наявність різниці за показником прояву статевої охоти кролематками – максимальну інтенсивність прояву статевої охоти реєстрували в весняний та осінній періоди (Коцюбенко, Петрова, 2011; Коцюбенко, Погорєлова, 2016). На думку Коцюбенко Г.А. кролі породи сріблястий мають досить високий потенціал продуктивності при вирощуванні їх за ретро-, техно- та екотехнологією (Коцюбенко, 2016), автор зауважує, що використання кролів даної породи в умовах технокролівництва дасть можливість інтенсифікувати виробництво м'яса кролятини нівелюючи вплив паратипових факторів оточуючого середовища. Про ефективність вирощування кролів комбінованого напрямку продуктивності (полтавське срібло, радянська шиншила, сірий велетень) за інтенсивної технології вирощування своїх працях наголошують Бащенко М.І., Лучин І.С., Коцюбенко Г.А., що надає передумов для детального вивчення даного питання (Бащенко та ін. 2019; Гончар та ін., 2020; Коцюбенко, 2013; Лучин, 2022).

**Мета.** Метою є дослідження впливу сезону на реалізацію відтворювальної здатності кролематок породи полтавське срібло в умовах кролеферми Черкаської дослідної станції біоресурсів НААН.

**Методи.** Дослідження відтворної здатності кролематок породи полтавське срібло (n=50 гол.) проводились впродовж 2023 р. на базі наукової- кролеферми Черкаської дослідної станції біоресурсів НААН. Для дослідження були відібрані фізіологічно здорові кролематки першого року використання в стаді. Умови утримання тварин в умовах кролеферми відповідали санітарно-гігієнічним вимогам до утримання кролів (ВНТП-АПК-05.07). Тварини утримувалися в двохярусних клітках, на нижньому ярусі розташовувалися кролематки в клітках з відділеннями для окролів, на верхньому молодняк після відлучення кролематок. Опалювальне в холодну пору року приміщення для утримання кролів обладнане витяжками, для забезпечення процесу газообміну. Годівлю тварин проводили з використанням повнораціонного комбікорму ПК 91 (ТМ «Кремікс»), напування кролів проводилося з використанням автоматичних поїлок соскового типу. При проведенні дослідження показників відтворювальної здатності кролематок враховано результати п'яти окролів в різну пору року (сезон розмноження).

Дослідження ембріогенезу плодів самиць проводили на початку плідного періоду в 20-добовому віці за допомогою ультразвукового сканера «Ultra scan 45» шляхом підрахунку кількості ембріонів. На

основі цього визначали вихід новонародженого приплоду (кількість життєздатних новонароджених кроленят відносно кількості діагностованих плодів, у відсотках).

Приплід зважували гніздом при народженні та в 10- і 20-добовому віці, при відлученні (30 діб) з урахуванням чисельності кроленят у гнізді, а також визначали середню живу масу кроленят (*Ібатулін та ін., 2017*). Разом з тим, враховували й збереженість приплоду за підсисний період (кількість кроленят у гнізді при відлученні відносно кількості життєздатного народженого приплоду в гнізді, у відсотках).

Одержані матеріали наукових досліджень у подальшому оброблялись методами варіаційної статистики за допомогою програмного пакету «Statistica – 13» (*Петровська та ін., 2022*).

**Результати.** Ультразвукові дослідження плодів на 20 день крільності засвідчили різний рівень виходу приплоду у кролематок залежно від сезону окролу (табл. 1). Наведені дані свідчать, що відсоток новонароджених життєздатних кроленят від кількості виявлених плодів складала: взимку – 93,2%, весною – 97,6%, влітку – 95,2% та восени – 96,6%, відповідно максимальне значення показнику зареєстроване весною та восени, а мінімальне – взимку, різниця між

максимальним та мінімальним значенням склала 4,4 %.

Аналіз середнього значення показнику багатоплідності кролематок досліджуваної популяції засвідчив, що останній варіював в межах 5,9-7,1 голів. При порівнянні середніх значень встановлено вірогідне переважання кількісних параметрів досліджуваних гнізд у кролематок у весняний та осінній періоди – 7,1 голів, а найнижчим – взимку (5,9 гол.) ( $p < 0,001$ ). Середнє значення показнику в літній період склав – 6,9 гол., що також вірогідно переважало мінімальне значення ( $p < 0,001$ ). Загалом показник багатоплідності виявився типовим для досліджуваної породи (Бащенко та ін. 2019; Гончар та ін., 2020; Коцюбенко, 2013; Лучин, 2022).

За аналогічного аналізу показник великоплідності був вірогідно найвищим ( $p < 0,05$ ) весною (60,4 г), меншим влітку та восени (відповідно 61,2 г та 61,1 г), а найнижчим – зимою (59,9 г).

Дослідження показнику маси гнізда після народження також засвідчило наявність різниці середніх значень залежно від сезону року. Встановлено, що мінімальним середнє значення досліджуваного показнику зареєстроване взимку (350,4 г), а максимальне – восени

(434,9 г), весною та влітку – відповідно 432,4 г та 422,1 г, різниця при порівнянні до мінімального значення виявилася істотною ( $p < 0,001$ ).

У віці 10 діб максимальний показник кількості кроленят зареєстровано у гніздах отриманих на весні – 6,9 гол., мінімальне середнє значення зареєстровано серед молодняку отриманого взимку (5,8 гол.) ( $p < 0,001$ ). Влітку та восени середній показник розміру гнізда реєструвався на рівні 6,7-6,8 голів, що на нашу думку зумовлено більш стабільними показниками мікроклімату в приміщенні кролеферми.

Аналіз результатів зважувань кроленят у віці 10 діб свідчить, що максимальний показник живої маси 1 гол. молодняку спостерігався в гніздах від осінніх окролів – 135,7 г, дещо менша – весною та влітку (відповідно 134,6 г і 134,5 г), а найнижча – зимою (131,3 г); найбільша вірогідна різниця склала 3,35 % ( $p < 0,05$ ).

У цьому ж віці найбільша маса гнізда спостерігалась теж в осінній період (926,0 г), а найменша – взимку (760,6 г); весною цей показник становив 923,5 г і влітку - 898,2 г (найбільша вірогідна різниця - 21,75 %).

### 1. Відтворна здатність кролематок породи полтавське срібло залежно від сезону року

Показник	Сезон року							
	зима (n=50 гол.)		весна (n=50 гол.)		літо (n=50 гол.)		осінь (n=50 гол.)	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
Кількість 20-денних плодів	6,2±0,10	10,61	7,3± 0,11***	9,74	7,2±0,08***	6,83	7,2± 0,09***	7,96
Вихід новонароджених кроленят, %	95,2		98,6		97,2		98,6	
Багатоплідність, гол.	5,9±0,15	16,43	7,1±0,14***	13,09	6,9±0,11***	9,58	7,0±0,11***	10,38
Великоплідність, г	59,9±0,21	21,31	60,4±0,14	18,94	62,1±0,19	12,47	61,1±0,21	15,87
Маса гнізда після окролу, г	350,4±6,35	11,60	434,6±7,08**	10,81	425,6± 5,32***	7,81	434,9±7,58***	11,30
У віці 10 діб:								
Кількість кроленят, гол.	5,8± 0,14	15,03	6,9±0,13***	12,22	6,7± 0,09***	8,50	6,8±0,10***	9,65
Середня жива маса 1 гол., г	131,3± 1,16	5,68	134,6±1,32	6,51	134,5±1,26	5,84	135,7±1,09**	5,23
Маса гнізда, г	760,6±17,40	14,65	923,5±15,51***	11,14	898,2±10,78***	7,49	926,0±14,15***	9,90
У віці 20 діб:								
Кількість кроленят, гол.	5,7± 0,14	15,46	6,7±0,12 ***	11,54	6,6±0,10***	9,02	6,8± 0,09***	8,93
Середня жива маса 1 гол., г	288,8± 4,87	10,80	301,8± 5,05	11,10	306,3±5,63*	11,49	308,5± 4,75**	10,22
Маса гнізда, г	1648,7±54,72	21,25	2010,9±44,24***	14,59	2019,7±49,38***	15,27	2055,4±43,00**	13,88
У віці 30 діб:								
Кількість кроленят, гол.	5,6 ± 0,13	15,25	6,6±0,12***	11,76	6,5±0,10***	9,29	6,7±0,09***	8,55
Середня жива маса 1 гол., г	531,5± 5,93	7,14	533,9±12,23	15,19	560,3±4,89***	5,45	562,7±4,12***	4,74
Маса гнізда, г	2998,8±84,16	17,97	3532,3±97,69***	18,35	3615,6±55,21***	9,54	3751,1±56,51**	9,76
Збереженість приплоду до відлучення, %	94,9		93,0		92,9		94,4	

Примітка: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$  (відносно мінімального значення)

Аналіз збереженості кроленят за період від народження до відлучення засвідчив, що цей показник у залежності від сезону року мав незначну мінливість і становив для досліджуваних самок: взимку – 94,9 %, весною – 93,0 %, влітку – 92,9 % та восени – 94,4 %.

Результати однофакторного дисперсійного аналізу засвідчили

## 2. Вплив сезону року на показники відтворної здатності кролематок

Показник	$\eta_x$	F	p
Багатоплідність	0,28	19,70	0,001
Великоплідність	0,09	1,24	0,042
Маса гнізда після окролу	0,41	37,06	0,001
У віці 10 діб:			
кількість голів	0,29	18,92	0,001
середня жива маса 1 гол.	0,14	2,37	0,073
маса гнізда	0,32	28,28	0,001
У віці 20 діб:			
кількість голів	0,27	20,32	0,001
середня жива маса 1 гол.	0,16	3,70	0,013
маса гнізда	0,26	19,45	0,001
У віці 30 діб:			
кількість голів	0,26	19,13	0,001
середня жива маса 1 гол.	0,08	4,60	0,004
маса гнізда	0,23	18,25	0,001

Встановлено що вплив сезону розмноження вірогідно проявлявся на переважну більшість оцінюваних ознак. Зокрема встановлено, що максимальна частка впливу даного параметру відмічена за показником маси гнізда після окролу – 41% ( $p < 0,001$ ). За такими показниками як багатоплідність кролематок, середня маса гнізда після окролу, маса кроленят у віці 10-30 діб частка впливу сезону року складала 16-29%, мінімальне значення частки впливу

наявність впливу сезону року на рівень реалізації потенціалу відтворної здатності кролематок досліджуваної популяції (табл. 2). Встановлено, що в умовах кролеферми Черкаської дослідної станції біоресурсів НААН вплив досліджуваного фактору складає 8-41 %.

зареєстровано за таким показником як середня жива маса кроленят у віці 30 діб – 8%.

### Висновки і перспективи.

Отримані дані дають змогу стверджувати, що сезон року має досить суттєвий вплив на процес відтворення кролематок породи полтавське срібло в умовах досліджуваної кролеферми (8-41%).

Встановлено, що при порівнянні середніх значень показнику багатоплідності

кролематок встановлено максимальні значення кількісних параметрів досліджуваних гнізд зареєстровано у весняний та осінній окроли – 7,1 голів, а мінімальне значення показнику зареєстровано в зимовий період – 5,9 гол. ( $p < 0,001$ ). При дослідженні даного показнику в літній період середнє значення багатоплідності кролематок склало 6,9 гол. ( $p < 0,001$ ). Також встановлено вірогідне переважання середніх значень показнику живої маси молодняку отриманого у весняний та

### Список використаних джерел

1. ВНТП-АПК-05.07. Підприємства звереводства и кролиководства. На заміну ВНТП СГІП-46-5-97 ; чинний від 2008-11-11. Вид. офіц. Київ, 2007. URL: [https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=67808](https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=67808).
2. Гончар О., Бойко О., Гавриш О. Аналіз стану галузі кролівництва в Україні. *Збірник наукових праць «Ефективне кролівництво і звірівництво»*. 2020. № 6. С. 47–58. <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2020.6.47-58>
3. Коцюбенко Г. Відтворні та продуктивні якості кролів за різних технологій вирощування. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 2. С. 35–37.
4. Коцюбенко Г. Науково-практичні методи підвищення продуктивності кролів: монографія. Миколаїв : МНАУ, 2013. 122 с.
5. Коцюбенко Г., Коцюбенко В., Процьків О. Перспективи розвитку екологічних міні-ферм з вирощування кролів. *Збірник наукових праць «Ефективне кролівництво і звірівництво»*. 2017. № 3. С. 52–60.
6. Коцюбенко Г., Петрова О. Відтворні та продуктивні якості кролів в залежності від сезону окролу. *Науковий вісник львівського НУВМБ ім. С.З. Гжицького: зб. наук. праць*. 2011. Т. 13, № 4 (50). С. 150–154.

осінній сезони року відносно аналогічного показнику отриманого при дослідженні динаміки росту кроленят зимових та літніх окролів. Свідченням належних умов утримання та високих материнських характеристик кролематок досліджуваної породи є показник частки збереженості молодняку за період від народження до відлучення, який в різну пору року мав незначну мінливість і варіював в межах 92,9–94,9 %.

7. Коцюбенко Г., Погорелова А. Вплив сезону окролу на ступінь прояву, тривалість та періодичність охоти у кролиць спеціалізованих м'ясних порід. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2016. № 5 (29). С. 186–189.
8. Лучин І. Селекційне обґрунтування технології інтенсивного виробництва кролятини. *Тваринництво Степу України*. 2022. Т. 1, № 2. С. 171–179. <https://doi.org/10.31867/2786-6750.1.2.2022.171-179>
9. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві / ред.: І. Ібатуллін, О. Жукорський. Київ : Аграрна наука, 2017. 328 с.
10. Петровська І., Салига Ю., Вудмаска І. Статистичні методи в біологічних дослідженнях: навчально-методичний посібник. Київ, 2022. 172 с.
11. Проектування інтенсивного виробництва кролятини в Україні: Монографія / М. Башенко та ін. Черкаси : Черкас. дослідна ст. біоресурсів НААН, 2019. 212 с.
12. Potential and limitations of rabbit meat in maintaining food security in Ukraine / G. Zamaratskaia et al. *Meat Science*. 2023. Vol.204. 109293. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109293>

### References

1. Bashchenko, M., Luchyn, I., Boyko, O., Darmograi, L., Gonchar, O., & Gavrish, O.

(2019). Designing intensive production of rabbit meat in Ukraine: monograph. Cherkasy Research Station of Bioresources of the National Academy of Sciences.

2. Gonchar, O., Boyko, O., & Gavrish, O. (2020). Analysis of the state of the rabbit breeding industry in Ukraine. Collection of scientific works "Effective rabbit breeding and animal husbandry", (6), 47–58. <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2020.6.47-58>

3. "UkrNIHagroproekt" Institute. (2007). Animal breeding and rabbit breeding enterprises (VNTP-APK-05.07). [https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=67808](https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=67808)

4. Ibatullin, I., & Zhukorskyi, O. (Eds.). (2017). Methodology and organization of scientific research in animal husbandry. Agrarian science.

5. Kotsyubenko, G. (2013). Scientific and practical methods of increasing the productivity of rabbits: Monograph. MNAU

6. Kotsyubenko, G., Kotsyubenko, V., & Protskiv, O. (2017). Prospects for the development of ecological mini-farms for growing rabbits. Collection of scientific works "Effective rabbit breeding and animal husbandry", (3), 52–60.

7. Kotsyubenko, G., & Petrova, O. (2011). Reproductive and productive qualities of rabbits depending on the breeding season. Scientific bulletin of the Lviv NUVMB named after S.Z. Gzytskyi: coll. of science works, 13(4 (50)), 150–154.

8. Kotsyubenko, G., & Pogorelova, A. (2016). The influence of the breeding season on the degree of manifestation, duration and periodicity of hunting in rabbits of specialized meat breeds. Bulletin of the Sumy National Agrarian University, (5 (29)), 186–189.

9. Luchyn, I. (2022). Selection justification of the technology of intensive production of rabbit meat. Animal Husbandry of the Steppe of Ukraine, 1(2), 171–179.

10. Petrovska, I., Saliga, Yu., & Vudmaska, I. (2022). Statistical methods in biological research: educational and methodological manual.

11. Petrovska I, Salyha Yu, Vudmaska I. Statystychni metody v biolohichnykh doslidzhenniakh: navchalno-metodychnyi posibnyk. Kyiv: Ahrarna nauka; 2022. 172 s.

12. Zamaratskaia, G., Havrysh, O., Korzeniowska, M., & Korzeniowska, A. (2023). Potential and limitations of rabbit meat in maintaining food security in Ukraine. Meat Science, (Vol.204), 109293. DOI: [10.1016/j.meatsci.2023.109293](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109293)

## **THE INFLUENCE OF THE SEASON ON THE REALIZATION OF THE REPRODUCTIVE CAPACITY OF RABBITS OF THE POLTAVSKA SILVER BREED O. A. VINTONIV**

**Abstract.** *According to the results of the study of the indicators of the reproductive capacity of female rabbits of the Poltava silver breed (n=50) in the conditions of the rabbit farm of the Cherkassy Experimental Station of Bioresources of the National Academy of Sciences, the peculiarities of realizing the potential of the reproductive capacity of rabbits depending on the breeding season were established. The obtained data make it possible to assert that, despite keeping rabbits in a room with a regulated microclimate, the degree of realization of the index of reproductive ability of female rabbits of the silver breed largely depends on the breeding season. According to the results of the study, it was established that when comparing the average values of the fertility index, a probable predominance of the quantitative parameters of the investigated nests was registered in female rabbits in the spring and autumn periods - 7.1 heads, and the lowest - in winter (5.9 heads) (p<0.001). The average value of the indicator in the summer period was 6.9 goals. The results of the study of the nest mass*

*indicator in different periods of the postnatal development of the young showed the existence of a difference in the average values depending on the season of the year. It was established that the minimum of this indicator of nest weight was registered in winter (350.4 g), and the maximum in autumn (434.9 g), in spring and summer - 432.4 g and 422.1 g, respectively, the difference when compared to the minimum value was revealed significant ( $p < 0.001$ ). A similar trend was observed throughout the study period. Juveniles obtained from spring and autumn feeding had the advantage in terms of indicators of changes in the live weight of the nest. The results of the study of the percentage of survival of the young during the period from birth to weaning showed that this indicator, depending on the season of the year, had a slight variability and was for the studied females: in winter - 94.9%, in spring - 93.0%, in summer - 92.9% and in autumn - 94.4%, which should be taken into account when planning work on reproduction of livestock.*

**Key words:** *Key words: rabbits, breed, season, multifertility, high fertility, live weight*

**How to Cite:** Vintoniv, O. (2024). The influence of the season on the realization of the reproductive capacity of rabbits of the poltavaska silver breed. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.014](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.014)

**ПРОДУКТИВНІСТЬ МОЛОДНЯКУ ІНДИКІВ ЗА РІЗНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ ЛІЗИНУ І МЕТІОНІНУ У КОМБІКОРМАХ****О. І. ТИМОЩУК**, аспірант

\*\*

, <https://orcid.org/0009-0002-4209-7835>E-mail: [Timoshuk\\_L@ukr.net](mailto:Timoshuk_L@ukr.net)**С. М. ГРИЩЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0003-2286-0776>E-mail: [smgrishchenko@nubip.edu.ua](mailto:smgrishchenko@nubip.edu.ua)**Національний університет біоресурсів і природокористування України**[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.015](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.015)

**Анотація.** У статті досліджено вплив використання повнораціонних комбікормів з різним співвідношенням лізину та метіоніну на продуктивність молодняку індиків. Експериментальні дослідження виконано на молодняку індиків м'ясного напрямку продуктивності кросу BIG 6. За методом груп-аналогів у добовому віці було сформовано п'ять піддослідних груп птиці. Дослід тривав 126 діб та поділявся на два періоди: зрівняльний (7 діб) та основний (119 діб). У зрівняльний період піддослідний молодняк споживав комбікорми контрольної групи. В основний період дослідження частка метіоніну відносно лізину у комбікорм за періодами вирощування зменшувалась або збільшувалась на 5 або 10 %.

Встановлено, що різне співвідношення лізину і метіоніну у комбікормах для молодняку індиків позначається на його продуктивності по-різному. Зокрема, на час закінчення дослідження у 126-добовому віці найвищої живої маси досягли індиків, які споживали комбікорм із збільшенням частки метіоніну відносно лізину на 5 і 10 % – вони переважали аналогів контрольної групи відповідно на 5,9 ( $p < 0,05$ ) і 3,6 %. Птиця, яка отримувала комбікорм із зменшеною часткою метіоніну відносно лізину на 10 і 5 % за згаданим показником поступалася перед контрольними ровесниками відповідно на 4,4 ( $p < 0,05$ ) і 2,2 %. Опис росту молодняку індиків за допомогою математичних методів підтвердив S-подібну висхідну форму кривої росту з високими коефіцієнтами детермінації для кожної піддослідної групи.

Доведено, що майже в усі періоди дослідження молодняк індиків, який споживав комбікорм з вищим рівнем метіоніну відносно лізину переважав за середньодобовими приростами живої маси аналогів, яким згодовували комбікорм із меншою часткою метіоніну відносно лізину. Загалом, вищими середньодобовими приростами живої маси характеризувався молодняк, який споживав комбікорм із збільшенням частки метіоніну відносно лізину на 5 і 10 % - він переважав контрольних аналогів за згаданим показником у середньому відповідно на 4,6 та 2,2 %. Піддослідна птиця, яка отримувала комбікорм із

\* Науковий керівник – професор В. В. Отченашко

Тимошук О. І., Грищенко С. М.

зменшеною часткою метіоніну відносно лізину на 10 і 5 % поступалися за таким показником перед ровесниками 1-ї групи відповідно на 4,3 і 2,1 %.

Встановлено, що залежність між співвідношеннями лізину й метіоніну у комбікормі для молодняку індиків та його середньодобовими приростами живої маси описується поліноміальною лінією з коефіцієнтом достовірної апроксимації  $R^2=1$ . Одночасно кореляційний аналіз показав, що між цими явищами існує прямий середній зв'язок ( $r_s=0,64$ ,  $p<0,05$ ).

**Ключові слова:** годівля, птиця, індики, амінокислоти, жива маса, продуктивність

### Актуальність та аналіз досліджень і публікацій.

Індиківництво є перспективним напрямом тваринництва у світі. Завдяки тому, що м'ясо індиків є дієтичним, високоякісним продуктом щороку попит на нього збільшується. За даними ФАО світове виробництво м'яса індиків у 2022 році становило понад 5 млн. т (Food and Agriculture Organization, 2022). Безперечним лідером у цьому аспекті є США, де виробляється більше половини всього м'яса індиків у світі – 2,55 млн. т.

Основними факторами, що впливають на продуктивність молодняку індиків, є дотримання оптимальних умов вирощування за повноцінно збалансованої годівлі (British United Turkeys, 2005; Council of Europe, 2001; Glatz, & Rodda, 2013; Melnyk, 2014). Раціональне використання поживних речовин комбікормів дозволяє отримувати якісну продукцію індиківництва у короткі терміни. Численними дослідженнями у індиківництві доведено, що різний амінокислотний рівень годівлі індиків під час вирощування позначається на їх

продуктивності та якості продукції по-різному. Доведено, що за рахунок оптимізації амінокислотного живлення можливо забезпечити вищий рівень продуктивності птиці та покращити якість їхньої продукції (Aviagen Turkeys Limited, 2022; Jankowski, et all, 2020a; Jankowski, et all, 2020b). Отже, вивчення питання амінокислотного живлення молодняку індиків в сучасних промислових умовах господарств України є актуальним.

### Матеріал і методи досліджень.

Науково-господарський дослід проводився за методом збалансованих груп у в умовах ТОВ «ВЕК АДВЕНТУРА» Полонського району Хмельницької області.

Метою дослід було визначення продуктивності молодняку індиків м'ясного напрямку продуктивності кросу ВІГ 6 за різних співвідношень лізину і метіоніну у комбікормах.

Відповідно до схеми дослід (табл. 1.) у добовому віці було відібрано 500 індичок, з яких за принципом аналогів сформували 5 груп – контрольну і 4 дослідні, по 100 голів у кожній. Дослід тривалістю 126

Тимошук О. І., Грищенко С. М.

дiб був подiлений на два перiоди: зрiвняльний (вiк птицi 1-7 доба) та основний (8-126 доба).

### 1. Схема науково-господарського дослiду

Вiк, тижнi(дiб)	Вмiст у 100 г комбiкорму, %	Група				
		1	2	3	4	5
Зрiвняльний перiод						
1 (1-7)	Лiзину	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
	Метiонiну	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
	Спiввiдношення	1:0,36	1:0,36	1:0,36	1:0,36	1:0,36
Основний перiод						
2-3 (8-21)	Лiзину	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
	Метiонiну	0,66	0,59	0,63	0,70	0,74
	Спiввiдношення	1:0,36	1:0,32	1:0,34	1:0,38	1:0,40
4-6 (22-42)	Лiзину	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
	Метiонiну	0,59	0,53	0,56	0,63	0,66
	Спiввiдношення	1:0,36	1:0,32	1:0,34	1:0,38	1:0,40
7-10 (43-70)	Лiзину	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39
	Метiонiну	0,51	0,46	0,49	0,54	0,57
	Спiввiдношення	1:0,37	1:0,33	1:0,35	1:0,39	1:0,41
11-12 (71-84)	Лiзину	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
	Метiонiну	0,44	0,40	0,42	0,47	0,49
	Спiввiдношення	1:0,39	1:0,35	1:0,37	1:0,41	1:0,43
13-14 (85-98)	Лiзину	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
	Метiонiну	0,42	0,38	0,40	0,44	0,46
	Спiввiдношення	1:0,41	1:0,37	1:0,39	1:0,43	1:0,45
15-18 (99-126)	Лiзину	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Метiонiну	0,39	0,35	0,37	0,41	0,42
	Спiввiдношення	1:0,43	1:0,39	1:0,41	1:0,45	1:0,47

Пiд час науково-господарського дослiду застосовували рацiони, якi забезпечували нормальну життєздатнiсть i високу продуктивнiсть птицi, вiдповiдно до встановлених норм та рекомендацiй кросу-виробника (Aviagen Turkeys, 2015; NRC, 1994). У експериментi застосовували так звану годiвлю

”вволю”, тобто птиця сама регулювала загальне споживання кормiв. Молодняк iндикiв годували повнорацiонними комбiкормами (табл. 2) iз наступною поживнiстю (табл. 3). Спiввiдношення лiзину й метiонiну в комбiкормах регулювали за рахунок введення синтетичних аiнокислот. Кратнiсть годiвлi – двiчi

Тимошук О. І., Грищенко С. М.

на добу (вранці та ввечері) з одночасним обліком залишку кормів.

## 2. Склад повнораціонних комбікормів для молодняку індиків контрольної групи, % за масою

Компонент	Період, тижнів					
	1-3	4-6	7-10	11-12	13-14	15-18
Пшениця	29,26	25,63	24,57	23,98	24,97	23,98
Кукурудза	12,98	19,99	25,98	29,92	37,98	45,10
Макуха соєва	45,77	41,37	37,44	29,87	24,28	15,21
Макуха соняшникова	-	3,87	4,90	9,63	5,99	9,22
Рибне борошно	6,79	4,28	1,62	-	-	-
Соєва олія	-	0,49	1,41	2,81	3,02	3,55
Монохлоргідрат лізину	0,35	0,33	0,32	0,23	0,26	0,33
DL-метіонін	0,25	0,18	0,19	0,12	0,17	0,13
L-треонін	0,04	0,05	0,04	0,03	-	-
Сіль кухонна	0,3	0,13	0,21	0,24	0,25	0,24
Монокальційфосфат	1,26	1,22	1,29	1,31	1,08	0,82
Вапняне борошно	2,3	1,76	1,36	1,21	1,36	0,78
Бікарбонат натрію	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Мікосорб А+	0,10	0,1	0,07	0,05	0,04	0,04
Натузим (фермент+фітаза)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Премікс	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495

## 3. Вміст основних поживних речовин та енергії у 100 г комбікорму, %

Показник	Період, тижнів					
	1-3	4-6	7-10	11-12	13-14	15-18
Обмінна енергія, МДж	11,90	12,20	12,73	13,18	13,44	13,82
Сирий протеїн	27,41	25,98	23,28	20,96	18,00	15,98
Сирий жир	5,59	6,99	7,16	7,81	7,57	8,46
Сира клітковина	3,11	4,21	3,80	4,50	4,60	4,73
Кальцій	1,45	1,29	1,14	0,96	0,86	0,77
Фосфор	0,74	0,65	0,51	0,47	0,43	0,39
Лізін*	1,85	1,65	1,39	1,14	1,02	0,90
Метіонін*	0,66	0,59	0,51	0,44	0,42	0,39

\*вміст і співвідношення лізину і метіоніну у комбікормі птиці дослідних груп змінювався відповідно до схеми дослідження

Піддослідне поголів'я індиченят на 1 м<sup>2</sup> підлоги. У якості утримували у приміщеннях на підстилки використовували торф. підлозі, за щільності посадки 5 Доступ до води був вільний.

Тимошук О. І., Грищенко С. М.

Починаючи з 7 тижня молодняк індиків вдень випускали з приміщень на вигульні майданчики, площа яких становила із розрахунку 7 м<sup>2</sup> на голову. Живу масу індиків визначали індивідуальним зважуванням. На основі даних живої маси обчислювали середньодобовий приріст.

Обробку даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення MS Excel і STATISTICA із залученням вбудованих статистичних функцій.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Із результатів досліджень випливає, що різне співвідношення лізину і метіоніну у комбікормах для молодняку індиків

позначається на його продуктивності по-різному. Так, аналіз даних, які характеризують ріст птиці у зрівняльний період досліду (табл. 4), підтвердив аналогічність відібраних особин за відсутності значущої різниці між ними за живою масою. У подальшому, з початком основного періоду досліду, за рахунок змін співвідношення лізину й метіоніну у комбікормах для індиків, спостерігалися помітні зміни у показниках живої маси піддослідної птиці. Так, на 63 добу молодняк 4-ї групи за живою масою переважав контрольних аналогів на 4,0 (p<0,05), у той час як останні перевершували за цим показником птицю 2- і 3-ї груп відповідно на 3,6 і 0,5 %.

#### 4. Жива маса молодняку індиків, г, n= 100

Вік птиці, діб	Група				
	1-а	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
1	60,8±3,01	61,8±2,14	61,3±1,98	61,2±2,63	60,5±2,87
7	156,1±8,24	157,7±6,31	153,1±7,57	155,6±5,38	154,2±7,05
14	373,3±16,81	370,5±12,62	370,2±17,14	374,7±11,34	374,1±13,53
21	712,4±19,29	709,1±28,66	702,4±14,82	718,5±18,97	715,6±24,02
28	1205,7±31,44	1194,6±37,23	1188,2±29,90	1221,0±21,74	1214,3±28,75
35	1858,6±36,52	1832,8±31,11	1806,2±32,46	1898,3±48,85	1837,4±35,31
42	2672,8±39,18	2625,6±47,93	2646,2±40,10	2709,3±37,32	2659,0±44,34
49	3720,3±48,43	3647,0±36,88	3677,0±45,92	3783,6±39,29	3714,5±55,27
56	4734,9±59,41	4578,1±62,86	4671,8±70,34	4892,7±55,91	4821,6±76,78
63	5834,1±95,68	5631,6±75,25	5805,1±93,42	6069,0±68,47*	5968,4±92,37

Продовження таблиці 4					
1	2	3	4	5	6
70	6911,8± 90,02	6666,2± 84,73	6849,5± 116,99	7148,9± 78,20*	7018,8± 86,50
77	7926,7± 103,70	7629,1± 101,66*	7943,5± 153,28	8193,2± 98,33	8092,6± 97,95
84	8773,2± 125,45	8431,4± 110,61*	8659,2± 130,57	9185,8± 107,73*	8955,9± 112,49
91	9750,4± 141,36	9386,2± 114,98*	9641,9± 159,85	10219,8± 136,52*	9934,8± 91,66
98	10664,1± 174,18	10277,3± 133,19	10476,3± 152,30	11191,7± 160,67*	10891,6± 151,04
105	11531,7± 156,81	11131,9± 148,52	11282,4± 174,12	12073,1± 184,35*	11772,0± 182,96
112	12278,4± 190,29	11831,0± 183,25	12024,2± 128,61	12844,4± 176,02*	12545,6± 198,43
119	12896,5± 210,44	12380,5± 186,53	12625,6± 217,34	13484,3± 205,89*	13184,6± 209,87
126	13489,8± 202,63	12933,7± 232,80	13205,2± 180,25	14088,4± 216,43*	13782,5± 227,34

\* $p < 0,05$  порівняно з 1-ю групою.

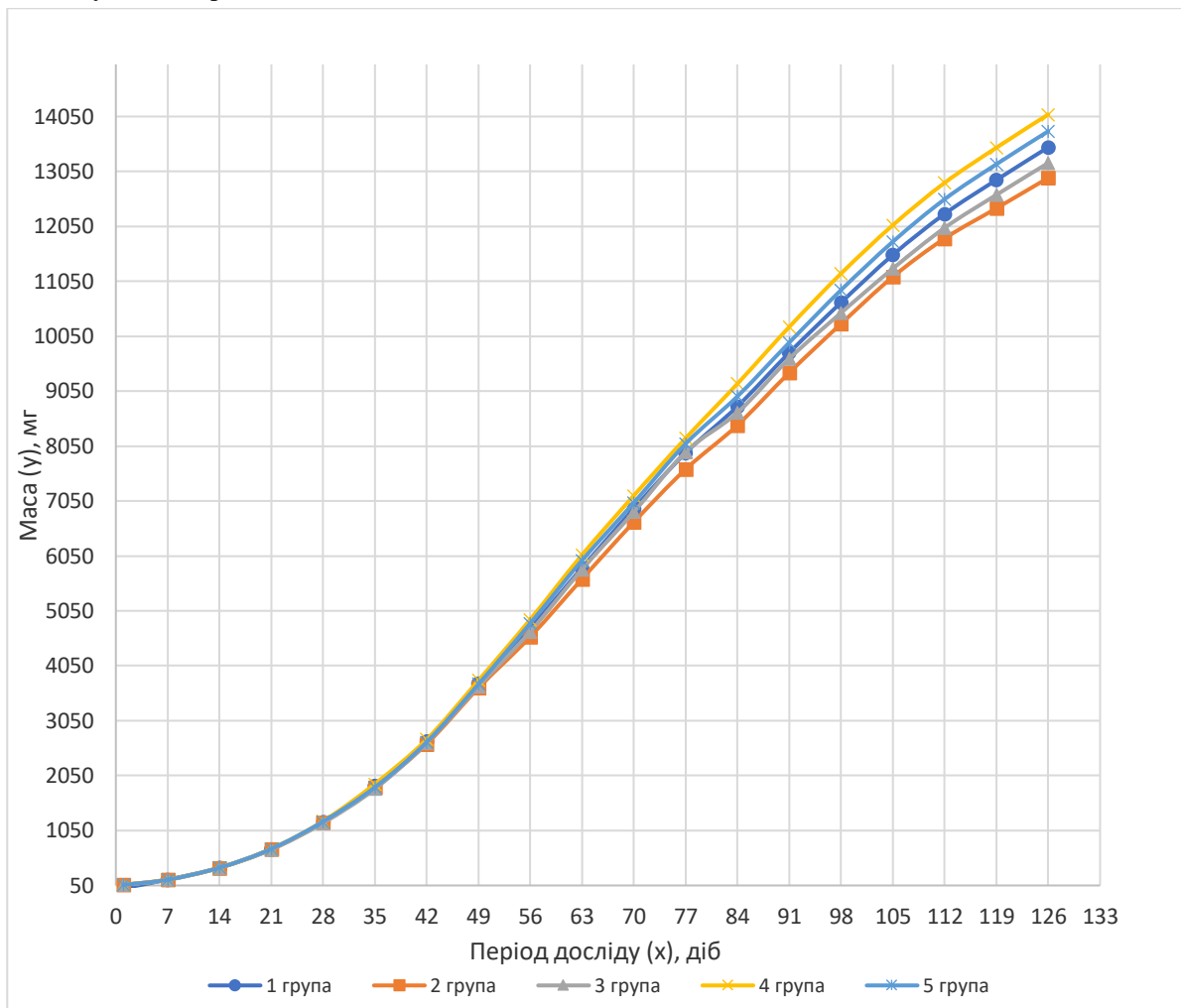
У 13-тижневому віці індики 4- та 5-ї груп за живою масою виявляли перевагу над контрольними аналогами відповідно на 4,8 ( $p < 0,05$ ) та 1,9 %. Птиця 2- і 3-ї груп за згаданим показником поступалася ровесникам 1-ї групи відповідно на 3,9 ( $p < 0,05$ ) і 1,1 %. Різниця між показниками живої маси молодняку 2- і 4-ї дослідних груп у цей період становила 0,83 кг або 8,9 %.

На час закінчення дослідів у 126-добовому віці найвищої живої маси досягли індики 4- і 5-ї груп, які переважали аналогів контрольної групи відповідно на 598,6 ( $p < 0,05$ ) і 455,5 г, або на 5,9 і 3,6 %. Птиця 2- і 3-ї груп за згаданим показником

поступалася перед контрольними ровесниками відповідно на 706,3 ( $p < 0,05$ ) 292,7 г, або на 4,4 і 2,2 %. Різниця між показниками живої маси тіла індиків 2- і 4-ї груп була високодостовірною ( $p < 0,001$ ) і становила 1,15 кг, або 8,9 % на користь останніх.

Отже, впродовж основного періоду дослідів найвищою живою масою характеризувався молодняк птиці, який отримував комбікорм із збільшенням частки метіоніну відносно лізину.

Опис росту молодняку індиків за допомогою математичних методів підтвердив S-подібну висхідну форму кривої росту (рис. 1).



**Рис. 1. Графічна модель росту молодняку індиків за різного співвідношення лізину й метіоніну у комбікормі**

Ріст молодняку індиків додатково описаний математичною моделлю з нелінійною характеристикою. У певний віковий

період (х), залежно від співвідношення лізину й метіоніну у комбікормі, можна спрогнозувати живу масу птиці (у):

1 група:

$$y = 0,2424x^2 + 89,828x - 903,67 \quad (R^2 = 0,9900);$$

2 група :

$$y = 0,2265x^2 + 86,841x - 840,56 \quad (R^2 = 0,9899);$$

3 група:

$$y = 0,2185x^2 + 90,422x - 900,58 \quad (R^2 = 0,9888);$$

4 група:

$$y = 0,274x^2 + 91,513x - 928,15 \quad (R^2 = 0,9891);$$

5 група:

$$y = 0,2623x^2 + 89,961x - 904,54 \quad (R^2 = 0,9893).$$

Тимошук О. І., Грищенко С. М.

Різне співвідношення лізину й метіоніну у комбікормі, який споживали індиків, істотно позначившись на їх живій масі, суттєво вплинув і на середньодобові прирости (табл. 5).

### 5. Середньодобовий приріст живої маси молодняку індиків, г, n=100

Період дослідження, діб	Група				
	1-а	2-а	3-я	4-а	5-а
1-7	13,6	13,7	13,1	13,5	13,4
8-14	31,0	30,4	31,0	31,3	31,4
15-21	48,4	48,4	47,5	49,1	48,8
22-28	70,5	69,4	69,4	71,8	71,2
29-35	93,3	91,2	88,3	96,8	89,0
36-42	116,3	113,3	120,0	115,9	117,4
43-49	149,6	145,9	147,3	153,5	150,8
50-56	144,9	133,0	142,1	158,4	158,2
57-63	157,0	150,5	161,9	168,0	163,8
64-70	154,0	147,8	149,2	154,3	150,1
71-77	145,0	137,6	156,3	149,2	153,4
78-84	120,9	114,6	102,2	141,8	123,3
85-91	139,6	136,4	140,4	147,7	139,8
92-98	130,5	127,3	119,2	138,8	136,7
99-105	123,9	122,1	115,2	125,9	125,8
106-112	106,7	99,9	106,0	110,2	110,5
113-119	88,3	78,5	85,9	91,4	91,1
120-126	84,8	79,0	82,8	86,3	85,6
Приріст за основний період дослідження (8-126 діб)	112,0	107,4	109,7	117,1	114,5

Встановлено, що майже в усі періоди дослідження молодняк індиків, який споживав комбікорм з вищим співвідношенням лізину і метіоніну

переважав за середньодобовими приростами живої маси аналогів, яким згодовували комбікорм із меншим їх співвідношенням. Так, у

Тимошук О. І., Грищенко С. М.

50-56-добовому віці середньодобові прирости живої маси молодняку 4- і 5-ї груп виявилися вищими, ніж у контрольних ровесників відповідно на 13,5 і 13,3 г, або на 9,3 і 9,2 %, одночасно останні переважали таких із 2- і 3-ї груп відповідно на 11,9 і 2,8 г або на 8,9 і 2,0 %.

У 85-91-добовому віці перевага особин 4-ї групи за середньодобовим приростом живої маси над аналогами усіх інших піддослідних груп збереглася і становила відповідно (за схемою досліду) 8,1; 11,3; 7,3 і 7,9 г.

Загалом, за основний період досліду вищими середньодобовими приростами живої маси виділявся молодняк індиків 4- і 5-ї груп, який

переважав контрольних аналогів у середньому відповідно на 4,6 та 2,2 %. Піддослідна птиця 2- і 3-ї груп поступалися за таким показником перед ровесниками 1-ї групи відповідно на 4,3 і 2,1 %. Різниця між показником середньодобових приростів живої маси індиків 2- і 4-ї груп за основний період досліду становила 9,0 % користь останніх.

Встановлено, що залежність між співвідношеннями лізину й метіоніну у комбікормі для молодняку індиків та його середньодобовими приростами живої маси описується поліноміальною лінією з коефіцієнтом достовірної апроксимації  $R^2=1$  (рис. 2).

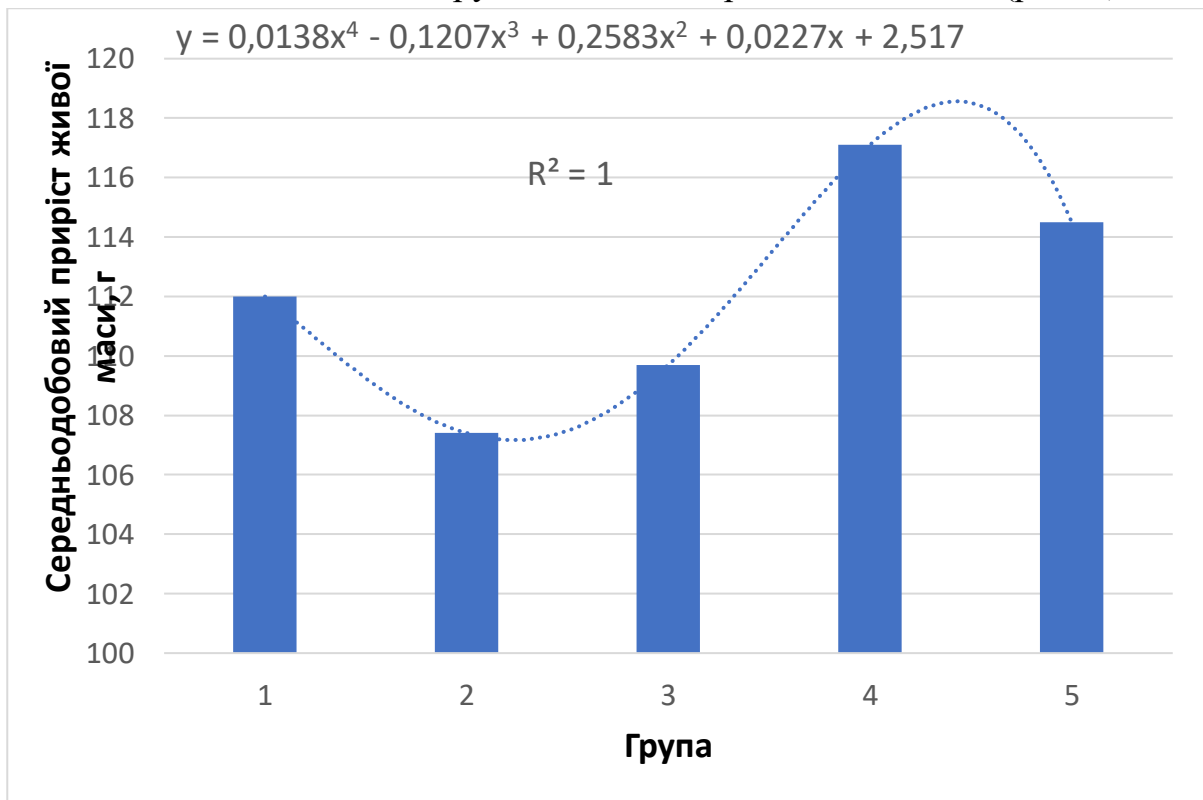


Рис. 2 Залежність між співвідношенням лізину та метіоніну у комбікормі та середньодобовими приростами живої маси молодняку індиків

Тимошук О. І., Грищенко С. М.

Одночасно кореляційний аналіз показав, що між цими явищами існує прямий середній зв'язок ( $r_s=0,64$ ,  $p<0,05$ ).

### **Висновки і перспективи подальших досліджень.**

Встановлено, що збільшення частки метіоніну відносно лізину на 5 і 10 % у комбікормі для молодняку індиків впродовж усіх періодів вирощування призводить до збільшення їх живої маси у 126-добовому віці відповідно на 5,9 ( $p<0,05$ ) і 3,6 %, тоді як зменшення частки метіоніну відносно лізину на 10 і 5 % має протилежний ефект – жива маса молодняку індиків зменшується на 4,4 ( $p<0,05$ ) і 2,2 %.

Доведено, що збільшення частки метіоніну відносно лізину на 5 і 10 % у комбікормі сприяє підвищенню середньодобових приростів живої

маси відповідно на 4,6 та 2,2 %, тоді як зменшення частки метіоніну відносно лізину на 10 і 5 % знижує цей показник відповідно на 4,3 і 2,1 %.

Встановлено, що залежність між співвідношеннями лізину й метіоніну у комбікормі для молодняку індиків та його середньодобовими приростами живої маси описується поліноміальною лінією з коефіцієнтом достовірної апроксимації  $R^2=1$ . Одночасно кореляційний аналіз показав, що між цими явищами існує прямий середній зв'язок ( $r_s=0,64$ ,  $p<0,05$ ). Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні питань впливу різних співвідношень лізину і метіоніну у комбікормах молодняку індиків на гематологічні та біохімічні показники їх крові та якість продукції.

### **Список використаної літератури**

1. Aviagen Turkeys Limited (2022) Management Guidelines for Growing Commercial Turkeys/ British United Turkeys Ltd., UK.

2. Aviagen Turkeys. (2015). Feeding Guidelines for Nicholas and B.U.T. Heavy Lines. <https://www.aviagenturkeys.com/uploads/2015/11/20/NU06%20Feeding%20Guidelines%20for%20Nicholas%20&%20BUT%20Heavy%20Lines%20EN.pdf>.

3. British United Turkeys (BUT). (2005). Commercial Performance Goals. 5th ed. British United Turkeys Ltd., Warren Hall, Broughton, UK.

4. Council of Europe. (2001). European convention for the protection of animals kept for farming purposes - Recommendations concerning turkeys (*Meleagris gallopavo* ssp.). [http://www.coe.int/T/E/Legal\\_affairs/Legal\\_cooperation/Biological\\_safety,\\_use\\_of\\_animals/Farming/Rec%20Turkeys](http://www.coe.int/T/E/Legal_affairs/Legal_cooperation/Biological_safety,_use_of_animals/Farming/Rec%20Turkeys). 2001.

5. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022): FAOSTAT Statistics Database. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>

6. Glatz, P. & Rodda, B. (2013): Turkey farming: Welfare and husbandry issues. In: African Journal of Agricultural Research, 8 (48), p. 6149-6163.: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/9F2E68D42198>

7. Jankowski J., Mikulski D., Mikulska M., Ognik K., Calyniuk Z., Mroz E., Zdunczyk Z. (2020). The effect of different dietary ratios of arginine, methionine, and lysine on the performance, carcass traits, and immune status of turkeys. Poultry Science Volume 99, Issue 2, Pages 1028-1037. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.008>

8. Jankowski J., Ognik K., Konieczka P., Mikulski D. (2020). Effects of different levels of arginine and methionine in a high-lysine diet on the immune status, performance, and carcass traits of turkeys Poultry Science

## PRODUCTIVITY OF TURKEYS AT DIFFERENT RATIOS OF LYSINE AND METHIONINE IN COMPOUND FEED

O. I. Tymoshchuk, S. M. Gryshchenko

**Abstract.** *The article examines the effect of using complete ration compound feed with different ratios of lysine and methionine on the productivity of turkeys. Experimental studies were performed on turkeys of the BIG 6 cross-breeding meat direction. Five experimental groups of birds were formed by the method of analog groups at the age of one day. The experiment lasted 126 days and was divided into two periods: comparative (7 days) and main (119 days). During the comparative period, the experimental turkeys consumed feed of the control group. In the main period of the experiment, the proportion of methionine relative to lysine decreased or increased by 5 or 10% according to growing periods.*

*It was established that the different ratio of lysine and methionine in compound feed for turkeys affects its productivity in different ways. In particular, at the end of the experiment, at the age of 126 days, the highest live weight was achieved by turkeys that consumed compound feed with an increase in the proportion of methionine relative to lysine by 5 and 10% - they outnumbered the counterparts of the control group, respectively, by 5.9 ( $p < 0.05$ ) and 3.6%. Poultry that received compound feed with a reduced proportion of methionine relative to lysine by 10 and 5% were inferior to control peers by 4.4 ( $p < 0.05$ ) and 2.2%, respectively, according to the mentioned indicator. The description of the growth of turkeys using mathematical methods confirmed the S-shaped ascending shape of the growth curve with high coefficients of determination for each experimental group.*

*It was found that in almost all periods of the experiment, turkeys that consumed compound feed with a higher level of methionine relative to lysine prevailed in terms of average daily live weight gains of their counterparts fed compound feed with a lower proportion of methionine relative to lysine. In general, turkeys that consumed compound feed with an increase in the proportion of methionine relative to lysine by 5 and 10% were characterized by higher average daily live weight gains - it exceeded the control analogues by the mentioned indicator by an average of 4.6 and 2.2%, respectively. Turkeys that received combined feed with a reduced proportion of methionine relative to lysine by 10 and 5% were inferior to peers of the 1st group by 4.3 and 2.1%, respectively.*

*It was established that the relationship between the ratio of lysine and methionine in compound feed for young turkeys and its average daily weight gain is described by a polynomial line with a reliable approximation coefficient  $R^2 = 1$ . At the same time, the correlation analysis showed that there is a direct average relationship between these phenomena ( $r_s = 0.64$ ,  $p < 0.05$ ).*

Тимошук О. І., Грищенко С. М.

**Key words:** *feed, poultry, turkeys, amino acids, live weight, productivity*

**How to Cite:** Tymoshchuk, O., & Gryshchenko, S. (2024). Productivity of turkeys at different ratios of lysine and methionine in compound feed. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.015](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.015)

**АНАЛІЗ ПОШИРЕННЯ SARS-COV-2 У СВІТІ  
СЕРЕД РІЗНИХ ВИДІВ ТВАРИН****А. В. МОЛОЖАНОВА**, аспірант, <https://orcid.org/0009-0002-8166-8979>*Інститут ветеринарної медицини НААН України*

E-mail: vetereneri@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.016](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.016)

***Анотація.** У даній статті представлені результати епізоотологічного аналізу даних сучасної, переважно іноземної, наявної інформації щодо виникнення та поширення SARS-CoV-2 серед різних видів тварин. Використовували офіційні дані Держпродспоживслужби України та офіційні дані організації Всесвітньої охорони здоров'я тварин (МЕБ). Також було проведено аналіз доступної інформації опублікованої іноземними та вітчизняними вченими стосовно випадків захворювання та позитивних результатів досліджень на COVID-19 серед тварин.*

*SARS-CoV-2 став найбільшою глобальною катастрофою в галузі охорони здоров'я з часів пандемії грипу 1918 року відомого як «іспанський грип», створивши безпрецедентну загрозу для всього людства, завдавши колосальних збитків світовій економіці.*

*За останні два десятиліття спалахи коронавірусу викликали занепокоєння у всьому світі, включи випадки з важким гострим респіраторним синдромом (SARS), що зареєстрований у Китаї в 2003 році. Та спалах у 2012 році з Близькосхідним респіраторним синдромом (MERS). Коронавіруси, такі як MERS-CoV і SARS, разом із лихоманкою Ебола та грипом перебувають у списках інфекцій із пандемічним потенціалом.*

*Коронавіруси спричиняють велику різноманітність захворювань у тварин, і їхня здатність викликати важкі захворювання худоби, таких як свині, корови, кури, собаки та коти, призвела до значних досліджень цих вірусів у останній половині двадцятого століття.*

*Широкий спектр видів ссавців продемонстрував сприйнятливість через експериментальне зараження та в природних умовах під час тісного контакту з інфікованими людьми та іншими інфікованими тваринами. Але зафіксовано випадки коли люди можуть передати SARS-CoV-2 тваринам, особливо під час близького контакту. Такі випадки інфікування тварин SARS-CoV-2 було задокументовано по всьому світу. Більшість цих тварин заразилися після контакту з людьми з COVID-19, включаючи власників, доглядачів або інших осіб, які були в тісному контакті.*

***Ключові слова:** COVID 19; CoV; MERS-CoV; коронавіруси*

**Вступ.** У грудні 2019 року весь світ зіткнувся зі спалахом нової коронавірусною хворобою (COVID-19). Збудник хвороби дуже швидко пневмонії, яку пізніше назвали поширився і призвів до значної

Моложанова А. В.

кількості захворювань і смертей в усьому світі, викликавши інфікування мільйонів людей. SARS-CoV-2 став найбільшою глобальною катастрофою в галузі охорони здоров'я з часів пандемії грипу 1918 року відомого як «іспанський грип» P. Spreeuwenberg та ін. (Dec 2018), створивши безпрецедентну загрозу для всього людства, завдавши колосальних збитків світовій економіці. Вже в березні 2020 року Всесвітня організація охорони здоров'я оголосила пандемію (1-5).

За останні два десятиліття спалахи коронавірусу викликали занепокоєння у всьому світі, включи випадки з важким гострим респіраторним синдромом (SARS), що зареєстрований у Китаї в 2003 році, та спричинив смерті майже 800 людей у 33 країнах протягом восьми місяців (6-8). Та спалах у 2012 році з Близькосхідним респіраторним синдромом (MERS). Коронавіруси, такі як MERS-CoV і SARS, разом із лихоманкою Ебола та грипом перебувають у списках інфекцій із пандемічним потенціалом. Згідно з наявними даними, рівень смертності від COVID-19 становить 4,4%, що набагато менше, ніж 10% для SARS і близько 30% для MERS-CoV. Але це не привід послаблювати заходи стримування та контролю так як вірус продовжує циркулювати і все ще залишається загрозою, тому що неможливо достеменно передбачити,

коли може з'явитися новий штам, і залишається багато питань (9-12).

COVID-19 є більш заразним, ніж SARS або MERS-CoV, і, що важливо, може передаватися латентно. Це пов'язано з тим, що багато людей з COVID-19 мають безсимптомний перебіг, або мають дуже легкі симптоми, тому вони не виконують належним чином карантинних заходів та продовжують поширювати інфекцію (13-16).

Незважаючи на досвід інших попередніх пандемій і великих епідемічних подій, SARS-Cov-2 є унікальним у багатьох аспектах своєї природної історії. Він демонструє непередбачуваність початкових умов спалахів у локальному масштабі та роль випадкових ситуацій, типових для ранньої інвазії хазяїна, таких як можливість глобального поширення, під час якого інфікована людина передає вірус набагато більший кількості людей, ніж у середньому, що збільшує невизначеність у кожній ураженій популяції людей та її епідеміологічній динаміці (17,18,19).

Збудник COVID-19 був швидко ідентифікований як новий коронавірус, важкий гострий респіраторний синдром коронавірус 2 (SARS-CoV-2). Вважається, що вірус виник у диких тварин і був переданий людям через проміжну неідентифіковану тварину-господаря (20,21). Так як перші випадки зараження COVID-19 в Ухані були скупчені навколо місцевого ринку

Моложанова А. В.

морепродуктів, що й породило припущення про тваринне походження вірусу, з можливістю того, що він міг подолати видовий бар'єр і заразити людей на ринку, а в подальшому викликало глобальну пандемію через передачу від людини до людини (22,23,24). Дані початкового розслідування в Китаї вказують на людину, яка з'їла змію, що з'їла кажана, який і був носієм вірусу. Але інші вчені ставлять під сумнів цю гіпотезу, що унеможлиблює достовірне встановлення факту первинного інфікування людини (25).

Коронавіруси (CoV) є найбільшою групою вірусів, що належать до ряду Nidovirales, який включає родини Coronaviridae, Arteriviridae, Mesoniviridae та Roniviridae. Coronavirinae входять в одну з двох підродин родини Coronaviridae і отримав свою назву завдяки своїй специфічній структурі, що нагадує корону на зображенні під електронним мікроскопом, а іншу — Torovirinae. Коронавіруси Coronavirinae також поділяються на чотири роди: альфа-, бета-, гамма- та дельта-коронавіруси. Віруси спочатку були відсортовані за цими родами на основі серологічних ознак, але тепер вони розділені за філогенетичною кластеризацією. Як і РНК-віруси загалом, коронавіруси (CoV) демонструють високу швидкість мутацій, що в поєднанні з їхньою сильною тенденцією до

рекомбінації дозволяє їм подолати бар'єр виду господаря та адаптуватися до нових господарів (26,27,28).

Усі віруси ряду Nidovirales є оболонковими несеgmentованими вірусами позитивної РНК. Усі вони містять дуже великі геноми для РНК-вірусів, причому деякі віруси мають найбільші ідентифіковані РНК-геноми, що містять до 33,5 кілобаз (кб). Основні відмінності в сімействах нідовірусів полягають у кількості, типі та розмірах структурних білків. Ці відмінності викликають значні зміни в структурі та морфології нуклеокапсидів і віріонів (29).

**Метою** роботи було проведення аналізу поширення вірусу SARS-CoV-2 серед різних видів тварин.

**Матеріали і методи досліджень.** В роботі використані методи аналізу, синтезу, проведено епізоотологічний аналіз поширення збудника, проаналізовано та узагальнено дані науково-методичної та спеціальної літератури щодо поширення вірусу SARS-CoV-2 серед різних видів тварин, наукові публікації, офіційні дані Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин (МЕБ) та матеріали мережі Internet.

**Результати.** Коронавіруси спричиняють велику різноманітність захворювань у тварин, і їхня здатність викликати важкі захворювання худоби, таких як свині, корови, кури, собаки та коти, призвела до значних досліджень цих вірусів у останній

Моложанова А. В.

половині двадцятого століття (30). Наприклад, вірус трансмісивного гастроентериту (TGEV) і вірус епідемічної діареї свиней (PEDV) викликають важкий гастроентерит у молодих поросят, що призводить до значної захворюваності, смертності та, зрештою, економічних втрат (31-33). PEDV нещодавно вперше з'явився в Північній Америці, спричинивши значні втрати молодих поросят (34-36). Вірус гемаглютинаційного енцефаломієліту свиней (PHEV) здебільшого призводить до кишкової інфекції, але має здатність вражати нервову систему, викликаючи енцефаліт, блювоту та виснаження у свиней. Кишковий коронавірус котів (FCoV) викликає легку або безсимптомну інфекцію у домашніх котів, але під час стійкої інфекції мутація перетворює вірус у високовірулентний штам FCoV, вірус інфекційного перитоніту котів (FIPV), що призводить до розвитку смертельної хвороби під назвою котячий інфекційний перитоніт (FIP). FIP має вологу та суху форми, подібні до захворювання людини, саркоїдозу. FIPV є тропним до макрофагів, і вважається, що він викликає аномальну експресію цитокінів і/або хемокінів і виснаження лімфоцитів, що призводить до летального захворювання (37,38). Однак для підтвердження цієї гіпотези необхідні додаткові дослідження. CoV великої рогатої худоби, шурячий CoV та вірус

інфекційного бронхіту (IBV) викликають легкі та важкі інфекції дихальних шляхів у великої рогатої худоби (39-41), щурів та курей відповідно. CoV великої рогатої худоби завдає значних збитків у тваринництві, а також поширився на різноманітних жуйних тварин, включаючи лосів, оленів і верблюдів. На додаток до важких респіраторних захворювань, вірус викликає діарею («зимова дизентерія» та «морська лихоманка»), що призводить до втрати ваги, зневоднення, зниження виробництва молока та збитків (39). Деякі штами IBV,  $\gamma$ -коронавірусу, також впливають на сечостатеві шляхи курей, викликаючи захворювання нирок. Інфекція репродуктивного тракту IBV значно знижує виробництво яєць, щороку спричиняє значні втрати в галузі виробництва яєць (42). Нещодавно новий коронавірус під назвою SW1 був ідентифікований у померлої білухи (43). У печінці померлого кита з респіраторним захворюванням і гострою печінковою недостатністю виявлено велику кількість вірусних частинок. Хоча електронно-мікроскопічних зображень було недостатньо, щоб ідентифікувати вірус як коронавірус, а секвенування рибонуклеїнових кислот виділених з тканини печінки чітко ідентифікувало вірус як коронавірус. Пізніше на основі філогенетичного аналізу було визначено, що це  $\gamma$ -коронавірус, але експериментально ще не

Моложанова А. В.

підтверджено, що цей вірус насправді є збудником хвороби у китів. Крім того, спостерігався великий інтерес до виявлення нових CoV кажанів, оскільки вони є ймовірними предками SARS-CoV і MERS-CoV, і за останнє десятиліття було ідентифіковано сотні нових коронавірусів кажанів (44,45). Не так давно відкрите ще одне нове сімейство нідовірусів, Mesoniviridae, було ідентифіковано як перші нідовіруси, які інфікують виключно комах-господарів (46). Ці віруси сильно відрізняються від інших нідовірусів, але найбільш тісно пов'язані з ронівірусами. За розміром вони становлять ~20 кб, займаючи середнє місце між великими та малими нідовірусами. Цікаво, що ці віруси не кодують ендорібонуклеазу, яка присутня у всіх інших нідовірусах. Ці атрибути свідчать про те, що ці віруси є прототипом нового сімейства нідовірусів і можуть бути відсутньою ланкою в переході від малих до великих нідовірусів (47).

Широкий спектр видів ссавців продемонстрував сприйнятливість через експериментальне зараження та в природних умовах під час тісного контакту з інфікованими людьми та іншими інфікованими тваринами. На сьогоднішній день недостатньо наукових доказів, щоб ідентифікувати джерело SARS-CoV-2 або пояснити вихідний шлях передачі людині, який міг включати проміжного господаря (48-50). Але зафіксовано випадки коли люди можуть передати SARS-

CoV-2 тваринам, особливо під час близького контакту (51). Такі випадки інфікування тварин SARS-CoV-2 було задокументовано по всьому світу. Більшість цих тварин заразилися після контакту з людьми з COVID-19, включаючи власників, доглядачів або інших осіб, які були в тісному контакті (52,53). Наразі достеменно не відомо всіх тварин, які можуть заразитися, та з численних повідомлень про інфікування тварин в усьому світі, ми бачимо, що це тварини-компаньйони, включаючи домашніх котів, собак, хом'яків і тхорів; тварини в зоопарках і заповідниках, включно з кількома видами великих кішок (наприклад, леви, тигри, снігові барси, пуми), та інші види тварин.

Сприйнятливі тварини мають подібний людському інкубаційний період 2–14 днів. Клінічні прояви інфекції SARS-CoV-2 у тварин були симптоматичними (лихоманка, втрата апетиту, млявість, кашель, чхання, носові виділення та шлунково-кишкові прояви в вигляді проносів та блювоти) а більшість тварин взагалі мали безсимптомний перебіг (54,55).

На офіційному сайті World Organisation for Animal Health (WOAH) про спалахи SARS-CoV-2 серед тварин повідомлялося з березня 2020 року. На лютий 2024 року зареєстровано загальну кількість випадків серед тварин 775 в 36 країнах світу у 29 різних видів тварин.

Моложанова А. В.

Перший випадок SARS-CoV-2 у тварин було офіційно повідомлено WOAH Гонконгом (SARC) 29 лютого 2020 р. це була собака. Тварину помістили на карантин 26 лютого 2020 року після того, як її власника госпіталізували через інфікування COVID-19. У даної собаки в карантинній установі були взяті мазки з носа, порожнини рота, прямої кишки, а також фекалій. Зразки носа та порожнини рота дали позитивний результат на SARS-CoV-2, досліджували методом rRT-PCR. В подальшому продовжили відбір зразків з носа, мазки взяті 2 числа 5 і

9 березня тести продовжували бути позитивними. Усі зразки мазків, взяті 12 і 13 березня, виявилися негативними. Результати тестів підтверджують, що собака була інфікована SARS-CoV-2. Проте жодної клінічної ознаки за час карантину виявлено не було. Після завершення карантину та чергових негативних результатів тестування тварину повернули власнику.

Географічне поширення спалахів SARS-CoV-2 серед тварин у всьому світі показано на малюнку 1. Фото взято з офіційного сайту WOAH.



**Малюнок 1. Розповсюдження спалахів SARS-CoV-2 у всьому світі, фото з сайту WOAH (станом на 30 червня 2023 р.). Розмір точки на карті пропорційний кількості повідомлених спалахів.**

Згідно з дослідженнями провідних вчених (Shi J et al, 2020; Bosco-Lauth AM et al, 2020; Sit THC et al, 2020; Zhai X et al, 2020) собаки мають низьку сприйнятливність до

SARS-CoV-2 і не мають клінічних ознак або передачі від собаки до собаки, можливо, через низький рівень ACE2 у дихальних шляхах (56-59). Але огляд зареєстрованих даних

Моложанова А. В.

WOAH показує, що фіксувалися деякі поодинокі випадки, коли у собак все ж таки проявлялися клінічні ознаки. Наприклад у собаки з Фінляндії були зареєстровані слабкі респіраторні клінічні ознаки, такі як кон'юнктивіт, кашель, задишка і слабкість, хвороба закінчилася одужанням. Також були і більш серйозні прояви симптомів хвороби у собаки породи лабрадор в Об'єднаному Королівстві, що проявлялися шлунково-кишковими та респіраторними клінічними ознаками, включаючи блювоту, діарею, втрату апетиту, млявість, кашель і дещо підвищена температура тіла, прискорене серцебиття та здуття живота, дана тварина загинула. Та значна більшість собак все ж таки не виявляла жодних симптомів взагалі (60,61).

В той же час котячі (домашні коти, тигри, леви та споріднені тварини в зоопарках) проявляли симптоми хвороби значно частіше. Так у домашніх кішок спостерігали слабкість, чхання і виділення з носа. В окремих випадках проявлялася задишка, хрип, хрипіння, утруднене дихання, двосторонні виділення з носа, виділеннями з очей, блювота та проноси (62,63).

У зоопарках тигри та леви проявляли як легкі респіраторні симптоми та одужання через тиждень так і демонстрували симптоми важкого дихання, кашлю та чхання, втрати апетиту. Деякі з тварин загинули.

У Сполучених Штатах Америки фіксували значну кількість випадків зараження дикі білохвості олені вірусом SARS-CoV-2. Повідомлень про клінічні ознаки інфекції у оленів не надходило. Вчені зазначили, що більш ранні дослідження показали, що олені можуть бути експериментально заражені вірусом. А деякі дикі олені навіть мали антитіла до вірусу (64-66).

На спеціалізованих норкових фермах, починаючи з нідерландської провінції Брабант виявляли коронавірусну інфекцію COVID-19 у норок. У тварин відмічали проблеми із травленням і диханням. Відомо, що SARS-CoV-2 здатний інфікувати широкий спектр ссавців, але найбільшу кількість інфекцій SARS-CoV-2, не пов'язаних із людиною, було виявлено у норок, котячих, собак і оленів. З огляду цих даних можна зробити висновки, що значна частина заражених тварин мала безпосередній контакт з людьми. Це були домашні улюбленці такі як коти та собаки, тварини які живуть в зоопарках та промислові тварини такі як норки, всі вони так чи інакше контактують з людьми (67-68).

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** За останні три десятиліття відбулася поява кількох різних коронавірусів у тварин та людей, які спричиняють різноманітні захворювання людини та різних видів тварин. Нові коронавіруси також були виявлені в

Моложанова А. В.

дикій природі або диких популяціях, які утримуються в неволі, що викликає значне занепокоєння щодо швидкості їх поширення та мутаційних властивостей. Цілком ймовірно, що ці віруси продовжуватимуть з'являтися та розвиватися, спричиняючи спалахи як у людей, так і у тварин відповідно, завдяки своїй здатності рекомбінувати, мутувати та інфікувати численні види та типи клітин. Так і COVID-19 все ще залишається значною загрозою бо неможливо достовірно передбачити, коли може з'явитися новий штам викликавши нові спалахи хвороби, що викликає багато різних питань. Тому дуже важливо продовжувати

### References

1. Wu F. et al. (2020). A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*, 579, 265–269.
2. Zhou P. et al. (2020). A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 270–273.
3. Jeffery K. Taubenberger, John C. Kash, David M. Morens. (2019). The 1918 influenza pandemic: 100 years of questions answered and unanswered. *Sci Transl Med*. 24;11(502):eaau5485. doi: 10.1126/scitranslmed.aau5485.
4. Latinne, A., Hu, B., Olival, K. J., Zhu, G., Zhang, L., Li, H., Chmura, A. A., Field, H. E., Zambrana-Torrel, C., Epstein, J. H., Li, B., Zhang, W., Wang, L.-F., Shi, Z.-L., & Daszak, P. (2020). Origin and cross-species transmission of bat coronaviruses in China. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17687-3>
5. World Health Organization <https://www.who.int/>
6. Kumar D., Batra L., Malik M.T. (2020). Insights of Novel Coronavirus (SARS-CoV-2) disease outbreak, management and treatment.

дослідження коронавірусів, їх патогенезу, для кращого розуміння здатності цих вірусів долати міжвидові бар'єри. Це значно допоможе здатності передбачити, коли і де можуть виникнути потенційні епідемії. Через міжвидову передачу CoV та еволюцію нових вірусів дуже важливо визначити їх природні резервуари та можливі обставини, за яких відбувається їх передача. Тому інвестиції в науку з фокусом на єдиному здоров'ї будуть допомагати боротися з майбутніми зоонозами та ретельно стежити за станом екосистеми, щоб обмежити втручання людини та мінімізувати вплив на взаємодію між людиною та дикою природою.

*AIMS Microbiol.* 6(3):183-203. doi: 10.3934/microbiol.2020013.

7. Da Silva, P.G., Mesquita, J.R., de São José Nascimento, M., & Ferreira, V.A.M. (2020). Viral, host and environmental factors that favor anthrozoootic spillover of coronaviruses: an opinionated review, focusing on SARS-CoV, MERS-CoV and SARS-CoV-2. *Sci Total Environ.*, 750, 141483. 10.1016/j.scitotenv.2020.141483.

8. Severe acute respiratory syndrome (SARS): SARS basics fact sheet. Available at: <https://www.cdc.gov/sars/about/fs-sars.html> (Accessed 2022-09-04). CDC. 2022.

9. Rabaan A.A., Al-Ahmed S.H., Haque S., Sah R., Tiwari R., Malik Y.S., Dhama K., Yatoo M.I., Bonilla-Aldana D.K., (2020). SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-COV: A comparative overview. *Infez Med.* 28(2):174-184.

10. Mahmoud Kandeel, Abdelazim Ibrahim, Mahmoud Fayez, Mohammed Al-Nazawi. (2020). From SARS and MERS CoVs to SARS-CoV-2: Moving toward more biased codon usage in viral structural and nonstructural genes. *J Med Virol*, 92(6):660-666. doi: 10.1002/jmv.25754.

Моложанова А. В.

11. Peeri, N.C., Shrestha, N., Rahman, M.S., Zaki, R., Tan, Z., Bibi, S., Baghbanzadeh, M., Aghamohammadi, N., Zhang, W., & Haque, U. (2020). The SARS, MERS and novel coronavirus (COVID-19) epidemics, the newest and biggest global health threats: what lessons have we learned? *Int J Epidemiol.*, 49(3), 717-726. doi: 10.1093/ije/dyaa033.
12. Liya G., Yuguang W., Jian L., Huaiping Y., Xue H., Jianwei H., Jiaju M., Youran L., Chen M., Yiqing J.(2020). Studies on viral pneumonia related to novel coronavirus SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV: a literature review. *APMIS*, 128(6):423-432. doi: 10.1111/apm.13047.
13. Feshchenko, Y.I. National Institute of Phthysiology and Pulmonology named after F.G. Yanovsky NAMS of Ukraine, Kyiv.(2020). Viral load as a marker of the risk of severe course and progression of COVID-19: a review. *Infusion & Chemotherapy*, (2), 5-10. <https://doi.org/10.32902/2663-0338-2020-2-5-10>.
14. Zhang, Y.Z., & Holmes, E.C. (2020). A genomic perspective on the origin and emergence of SARS-CoV-2. *Cell*, 181:223–227.
15. Adriaan H de Wilde, Eric J Snijder, Marjolein Kikkert , Martijn J van Hemert (2018). Host Factors in Coronavirus Replication. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* 419, 1–42. doi: 10.1007/82\_2017\_25 |
16. Ghosh, P., Jayaram, S., Patwardhan, D., Marimuthu, S., Lenehan, P., Venkatakrishnan, A., et al. (2021). Diversity of coronavirus receptors. 2021080071. doi: 10.20944/preprints202108.0071.v1
17. KATHY KATELLA JANUARY 6, (2023). 9 Things Everyone Should Know About the Coronavirus Outbreak <https://www.yalemedicine.org/news/2019-novel-coronavirus>
18. Li, X., Zai, J., Zhao, Q., Nie, Q., Li, Y., Foley, B. T., et al. (2020). Evolutionary history, potential intermediate animal host, and cross-species analyses of SARS-CoV-2. *J. Med. Virol.* 92 (6), 602–611. doi: 10.1002/jmv.25731
19. Walls, A. C., Park, Y. J., Tortorici, M. A., Wall, A., McGuire, A. T., Veesler, D. (2020). Structure, function and antigenicity of the SARS-CoV-2 spike glycoprotein. *Cell* 181 (2), 281–292. doi: 10.1016/j.cell.2020.02.058
20. Qian Li, Taif Shah, Binghui Wang, Linyu Qu, Rui Wang, Yutong Hou, Zulqarnain Baloch, Xueshan Xia. (2023) Cross-species transmission, evolution and zoonotic potential of coronaviruses. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.1081370>
21. Banerjee, A.; Doxey, A.C.; Mossman, K.; Irving, A.T. (2021). Unraveling the zoonotic origin and transmission of SARS-CoV-2. *Trends Ecol. Evol.* 36, 180–184.
22. Shereen, M.A.; Khan, S.; Kazmi, A.; Bashir, N.; Siddique, R. (2020). COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *J. Adv. Res.* 24, 91–98.
23. Ye, Z. W., Yuan, S., Yuen, K. S., Fung, S. Y., Jin, D. Y. (2020). Zoonotic origins of human coronaviruses. *Int. J. Biol. Sci.* 16 (10), 1686–1697. doi: 10.7150/ijbs.45472
24. Worobey, M., Levy, J. I., Malpica Serrano, L., Crits-Christoph, A., Pekar, J. E., Goldstein, S. A., et al. (2022). The human seafood wholesale market in wuhan was the early epicenter of the COVID-19 pandemic. *Science* 377 (6609), 951–959. doi: 10.1126/science.abp8715
25. Monica Guy, (2020). Coronavirus: a wake-up call on illegal wildlife trade? Basel Institute on Governance. <https://baselgovernance.org/blog/coronavirus-wake-call-illegal-wildlife-trade>
26. A.; Shereen, M.A.; Khan, S.; Kazmi Bashir, N.; Siddique, R. (2020). COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *J. Adv. Res.*, 24, 91–98.
27. Hidalgo P., Valdés M., González R.A.(2021). Molecular biology of coronaviruses: an overview of virus-host interactions and pathogenesis. *Bol Med Hosp Infant Mex*, 78(1):41-58. doi: 10.24875/BMHIM.20000249.
- 28.Emily Clayton, Mohammed A. Rohaim, Mahmoud Bayoumi, Muhammad Munir. (2021). The Molecular Virology of Coronaviruses with Special Reference to SARS-CoV-2. *Adv Exp Med Biol*, 2021:1352:15-31. doi: 10.1007/978-3-030-85109-5\_2.

Моложанова А. В.

29. Xue-Yan Zhang, Hao-Jie Huang, Dong-Lin Zhuang, Moussa Ide Nasser, Ming-Hua Yang, Ping Zhu, Ming-Yi Zhao. (2020) Biological, clinical and epidemiological features of COVID-19, SARS and MERS and AutoDock simulation of ACE2. *Infect Dis Poverty*. 9: 99. DOI: 10.1186/s40249-020-00691-6
30. Pickering, B.S.; Smith, G.; Pinette, M.M.; Embury-Hyatt, C.; Moffat, E.; Marszal, P.; Lewis, C.E. (2021). Susceptibility of Domestic Swine to Experimental Infection with Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2. *Emerg. Infect. Dis.* 27, 104–112.
31. Magtoto, R., Poonsuk, K., Baum, D., Zhang, J., Chen, Q., Ji, J., Piñeyro, P., Zimmerman, J., & Giménez-Lirola, L. G. (2019). Evaluation of the Serologic Cross-Reactivity between Transmissible Gastroenteritis Coronavirus and Porcine Respiratory Coronavirus Using Commercial Blocking Enzyme-Linked Immunosorbent Assay Kits. *ASM Journals*, 4(2). <https://doi.org/10.1128/mSphere.00017-19>
32. Saipeng Cheng, Huiguang Wu, and Zhenhai Chen (2020). Evolution of transmissible gastroenteritis virus (TGEV): A codon usage perspective. *International Journal of Molecular Sciences* 21 (21). doi: 10.3390/ijms21217898
33. Li Z., Chen Y., Li L., Xue M., Feng L.(2024). Different Infectivity of Swine Enteric Coronaviruses in Cells of Various Species. *Pathogens*, 15;13(2):174. doi: 10.3390/pathogens13020174.
34. Turlewicz-Podbielska, H., & Pomorska-Mól, M. (2021). Porcine Coronaviruses: Overview of the State of the Art. *Virologica Sinica*, 36(5), 833–851. <https://doi.org/10.1007/s12250-021-00364-0>
35. Li, G., Zhai, S. L., Zhou, X., Chen, T. B., Niu, J. W., Xie, Y. S., et al. (2022). Phylogeography and evolutionary dynamics analysis of porcine delta-coronavirus with host expansion to humans. *Transbound Emerg. Dis.* 69 (5), 1670–1681. doi: 10.1111/tbed.14503
36. Liu, Q., Wang, H. Y. (2021). Porcine enteric coronaviruses: an updated overview of the pathogenesis, prevalence, and diagnosis. *VETERINARY Res. Commun.* 45 (2-3), 75–86. doi: 10.1007/s11259-021-09808-0
37. G Tekes 1, H-J Thiel. (2016) Feline Coronaviruses: Pathogenesis of Feline Infectious Peritonitis. *Adv Virus Res*, 96:193-218. doi: 10.1016/bs.aivir.2016.08.002.
38. Islam, A., Ferdous, J., Islam, S., Abu Sayeed, M., Choudhury, S. D., Saha, O., et al. (2021). Evolutionary dynamics and epidemiology of endemic and emerging coronaviruses in humans, domestic animals, and wildlife. *Viruses* 13 (10). doi: 10.3390/v13101908
39. Giovanni Franzo, Michele Drigo, Matteo Legnardi, Laura Grassi, Daniela Pasotto, Maria Luisa Menandro, Mattia Cecchinato, Claudia Maria Tucciarone. (2020). Bovine Coronavirus: Variability, Evolution, and Dispersal Patterns of a No Longer Neglected Betacoronavirus. *Viruses*, 12(11):1285. doi: 10.3390/v12111285.
40. Vlasova, A. N., Saif, L. J. (2021). Bovine coronavirus and the associated diseases. *Front. Veterinary Sci.* 8, 643220. doi: 10.3389/fvets.2021.643220
41. Zhu, Q., Li, B., Sun, D. (2022). Advances in bovine coronavirus epidemiology. *Viruses* 14 (5). doi: 10.3390/v14051109
42. Alhamo, M. A., Boley, P. A., Liu, M., Niu, X., Yadav, K. K., Lee, C., et al. (2022). Characterization of the cross-species transmission potential for porcine deltacoronaviruses expressing sparrow coronavirus spike protein in commercial poultry. *Viruses* 14 (6). doi: 10.3390/v14061225
43. H.M. Stone, E. Unal, T. A. Romano, P. E. Turner. (2023). Beluga whale and bottlenose dolphin ACE2 proteins allow cell entry mediated by spike protein from three variants of SARS-CoV-2. *Biol Lett.* 19(12):20230321. doi: 10.1098/rsbl.2023.0321.
44. Cerri A, Bolatti E.M., Zorec T.M., Montani M.E., Rimondi A., Hosnjak L., Casal P.E., Di Domenica V., Barquez R.M., Poljak M., Giri A.A. (2023). Identification and characterization of novel alphacoronaviruses in *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera, Molossidae) from Argentina: insights into recombination as a mechanism favoring bat coronavirus cross-

Моложанова А. В.

species transmission. *Microbiol Spectr*, 11(5):e0204723. doi: 10.1128/spectrum.02047-23.

45. Wong, A. C. P., Lau, S. K. P., Woo, P. C. Y. (2021). Interspecies jumping of bat coronaviruses. *Viruses* 13 (11). doi: 10.3390/v13112188

46. Nga PT, Parquet Mdel C, Lauber C et al (2011) Discovery of the first insect nidovirus, a missing evolutionary link in the emergence of the largest RNA virus genomes. *PLoS Pathog* 7:e1002215. doi:10.1371/journal.ppat.1002215

47. Lauber C, Ziebuhr J, Junglen S et al (2012) Mesoniviridae: a proposed new family in the order Nidovirales formed by a single species of mosquito-borne viruses. *Arch Virol* 157:1623–1628. doi:10.1007/s00705-012-1295-x

48. Connor Rutherford, Pratap Kafle, Catherine Soos, Tasha Epp, Lori Bradford, and Emily Jenkins. (2022) Investigating SARS-CoV-2 Susceptibility in Animal Species: A Scoping Review. *Environmental Health Sage Journals* 16, <https://doi.org/10.1177/11786302221107786>.

49. Shi, J.; Wen, Z.; Zhong, G.; Yang, H.; Wang, C.; Huang, B.; Liu, R.; He, X.; Shuai, L.; Sun, Z.; et al. (2020). Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and other domesticated animals to SARS–coronavirus 2. *Science*, 368, 1016–1020.

50. Mathavarajah, S.; Dellaire, G. (2020). Lions, tigers and kittens too: ACE2 and susceptibility to COVID-19. *Evol. Med. Public Health*, 109–113.

51. Ali Mohammad Pourbagher-Shahri, Gholamreza Mohammadi, Hamed Ghazavi, Fatemeh Forouzanfar (2023). Susceptibility of domestic and companion animals to SARS-CoV-2: a comprehensive review. *Tropical Animal Health and Production*, 55, article number 60 <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03470-1>

52. Abdel-Moneim, A. S., & Abdelwhab, E. M. (2020). Evidence for SARS-CoV-2 infection of animal hosts. *Pathogens*, 9(7), 529. <http://dx.doi.org/10.3390/pathogens9070529>. PMID:32629960.

53. Csiszar, A., Jakab, F., Valencak, T. G., Lanszki, Z., Tóth, G. E., Kemenesi, G., et al. (2020). Companion animals likely do not spread COVID-19 but may get infected

themselves. *GeroScience* 42 (5), 1229–1236. doi: 10.1007/s11357-020-00248-3

54. Smriti Mallapaty (2020). Coronavirus can infect cats—dogs, not so much. *Nature*, 27(5):1362-1370, doi: 10.1038/d41586-020-00984-8

55. Oguzoglu, T. C., Koc, B. T., Akkutay-Yoldar, A. Z. (2021). Triple viral infections in the same cats: Feline coronavirus, feline parvovirus, feline foamy virus. *Rev. MVZ CORDOBA* 26 (3). doi: 10.21897/rmvz.2182

56. Shi J, Wen Z, Zhong G, Yang H, Wang C, Huang B, et al. (2020). Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and other domesticated animals to SARS-coronavirus 2. *Science*. 368:1016–20. 10.1126/science.abb7015

57. Bosco-Lauth A.M., Hartwig A.E., Porter S.M., Gordy P.W., Nehring M, Byas A.D., et al. (2020). Experimental infection of domestic dogs and cats with SARS-CoV-2: pathogenesis, transmission, and response to reexposure in cats. *Proc Natl Acad Sci USA*. 117:26382–8. 10.1073/pnas.2013102117

58. Sit THC, Brackman C.J., Ip S.M., Tam KWS, Law PYT, To EMW, Yu VYT, et al. (2020). Infection of dogs with SARS-CoV-2. *Nature*. 586:776–8. 10.1038/s41586-020-2334-5

59. Zhai X, Sun J, Yan Z, Zhang J, Zhao J, Zhao Z, et al. (2020). Comparison of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 spike protein binding to ACE2 receptors from human, pets, farm animals, and putative intermediate hosts. *J Virol*. 94:e00831–20. 10.1128/jvi.00831-20

60. OIE. COVID-19 (SARS-COV-2), Hong Kong (SAR - PRC) (2020). Available online:[https://www.oie.int/wahis\\_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page\\_refer=MapFullEventReport&reportid=33546](https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page_refer=MapFullEventReport&reportid=33546) (accessed on 22 June 2020).

61. AFCD. A Second Dog Positive for COVID-19; AFCD, Ed.; Agriculture, Fisheries and Conservation Department: Hong Kong, (2020). Available online: <https://www.info.gov.hk/gia/general/202003/19/P2020031900606.htm> (accessed on 22 June 2020).

62. Tuhin Dasa, Suranjana Sikdara, Md. Helal Uddin Chowdhuryb, Khandakar Jannatul Nymaa, Md. Adnan (2023). SARS-CoV-2 prevalence in domestic and wildlife animals: A

Моложанова А. В.

genomic and docking based structural comprehensive review. *Heliyon* 9(2020):e19345

DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e19345.

63. Hannah L. Murphy (2021). Understanding the prevalence of SARS-CoV-2 (COVID-19) exposure in companion, captive, wild, and farmed animals. Accepted 18. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1996519>

64. Dillon S. McBride, Sofya K. Garushyants, John Franks, Andrew F. Magee, Steven H. Overend, Devra Huey, Amanda M. Williams, Seth A. Faith, Ahmed Kandeil, (2023). Accelerated evolution of SARS-CoV-2 in free-ranging white-tailed. *14(1):5105*. doi: 10.1038/s41467-023-40706-y.

65. USDA APHIS. Confirmation of COVID-19 in deer in

Ohio. [https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/sa\\_by\\_date/sa-2021/sa-08/covid-deer](https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/sa_by_date/sa-2021/sa-08/covid-deer) (2021).

66. USDA APHIS. Confirmed cases of SARS-CoV-2 in animals in the United States. <https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/onehealth/one-health-sarscov2-in-animals>.

67. World Organisation for Animal Health. SARS-CoV-2 in Animals - Situation Report (2022). <https://www.woah.org/app/uploads/2023/01/sars-cov-2-situation-report-20.pdf>

68. Damas, J. et al. (2020). Broad host range of SARS-CoV-2 predicted by comparative and structural analysis of ACE2 in vertebrates. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **117**, 22311–22322

## STUDY OF THE SARS-COV-2 GLOBAL DISTRIBUTION AMONG DIFFERENT ANIMAL SPECIES

A. V. Molozhanova

**Abstract.** *This article presents the results of an epidemiological analysis of the data of modern, mainly foreign, available information on the occurrence and spread of SARS-CoV-2 among various animal species. We used official data from the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection and official data from the World Animal Health Organization (OIE). An analysis of available information published by foreign and domestic scientists on cases of the disease and positive results of studies for COVID-19 among animals was also carried out. SARS-CoV-2 was the biggest global public health disaster since the 1918 influenza pandemic known as the "Spanish flu", creating an unprecedented threat to all of humanity, causing colossal damage to the global economy. Over the past two decades, coronavirus outbreaks have caused concern around the world, including cases of severe acute respiratory syndrome (SARS) reported in China in 2003. And the outbreak in 2012 with Middle East Respiratory Syndrome (MERS). Coronaviruses such as MERS-CoV and SARS, along with Ebola and influenza, are on the lists of infections with pandemic potential. Coronaviruses cause a wide variety of diseases in animals, and their ability to cause severe illness in livestock such as pigs, cows, chickens, dogs, and cats led to significant research on these viruses in the last half of the twentieth century. A wide range of mammalian species have demonstrated susceptibility through experimental contamination and in vivo through close contact with infected humans and other infected animals. But there have been cases in which people can transmit SARS-CoV-2 to animals, especially during close contact. Such cases of SARS-CoV-2 infection in animals have been documented around the world. Most of these animals became*

**Моложанова А. В.**

*infected after coming into contact with people with COVID-19, including owners, caretakers, or others who were in close contact.*

**Keywords:** *COVID 19; CoV; MERS-CoV; Coronavirus*

**ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ГОРІХУ ВОЛОСЬКОГО  
(*JUGLANS REGIA* L.) У ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕННЯХ м. ДНІПРО****І. А. ЗАЙЦЕВА**, кандидат біологічних наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0001-9125-5831>**О. С. ЛАЗАРЄВ**, магістр*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*E-mail: [dicentra@ukr.net](mailto:dicentra@ukr.net)[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.017](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.017)

**Анотація.** Горіх волоський – перспективний елемент системи озеленення урбанізованих ландшафтів України через стійкість до техногенного середовища, довговічність, швидкорослість, плодове якість тощо. Декоративно-естетичні й оздоровчі функції *Juglans regia* в місті можуть бути суттєво послаблені внаслідок руйнування листя філофагами і хворобами.

У представленій роботі проведений аналіз фітосанітарного стану дерев *J. regia* в урбоценозах м. Дніпро, визначено основні хвороби листя, встановлено комплекс комах і кліщів – філобійонтів *J. regia*, проведена оцінка рівня їх шкодочинності.

Дослідження проводили протягом вегетаційного періоду 2021 р. один раз на декаду на 12 дослідних ділянках, які відрізнялись умовами зростання дерев *J. regia*. Об'єкт вивчення – листки і незрілі плоди горіху волоського. Обстежено 75 дерев *J. regia*.

У середньому, хворобами уражено 46,9 % листків горіху волоського. Рівень ураження бурою плямистістю у 8,3 рази перевищує аналогічний показник для білої плямистості. Дія збудника марсоніозу часто поширюється на зелені плоди *J. regia*.

Загальний рівень ушкодження листків членистоногими філофагами складає 79,6 %. Серед типів пошкоджень домінують зміна забарвлення листків внаслідок живлення сисних комах (58,5 %) і галоутворення (53,8 %) – результат життєдіяльності *Aceria erineae*, *A. tristriata*. Встановлено таксономічний склад членистоногих філобійонтів *J. regia*. Визначено 16 видів із 11 родин 4 рядів. Доля *Hemiptera* складає 62,5 %, *Lepidoptera* – 18,8 %, *Trombidiformes* – 12,5 %, *Thysanoptera* – 6,2 %. Ідентифіковано шість видів ентомофагів. В окремих локалітетах урбоценозів м. Дніпро на деревах *J. regia* були виявлені два особливо небезпечні інвазивні види: *Metcalfa pruinosa* і *Halyomorpha halys*. Найбільш поширеними і шкідливими видами вважаємо такі: *Aceria erineae*, *A. tristriata*, *Rapaphis juglandis*, *Caloptilia roscipennella*; потенційно загрозливими – *Halyomorpha halys*, *Metcalfa pruinosa*.

**Ключові слова:** *Juglans regia*, урбоценози, хвороби і шкідники листя, видовий склад, інвазивні види

**Актуальність.** Дерева горіху волоського (*Juglans regia* L., *Juglandaceae* Lindl.) є примітною ознакою культурних ландшафтів України і найважливішою горіховою культурою зі значним експортним потенціалом (Меженський, 2020). За літературними даними (Щепотьєв та ін, 1987; Стрела, 1990; Божок О., Божок В., 2017) саме із передньоазіатського осередку природного поширення *J. regia*, який охоплював Малу Азію, Закавказзя, Іран і гірський Туркменістан, розпочалось відновлення горіху волоського в Європі. На території України горіх волоський з'явився за часів Київської Русі, коли підтримувалися пожвавлені зв'язки з Грецією та іншими південними країнами (Божок О., Божок В., 2017).

Дотепер більше 10 млн. дерев *J. regia* зростають на території України (Меженський, 2020), значна частина їх прикрашає парки, сквери, вулиці, території обмеженого і спеціального використання у населених містах, де вони виконують перед усім естетично-декоративну і санітарно-гігієнічну функції, поліпшуючи якості урбанізованого середовища.

Великою небезпекою для інтродукованих рослин можуть стати адвентивні фітофаги, які потрапляють на нові території слідом за кормовими рослинами і найчастіше набувають високого інвазивного статусу (Мєшкова та ін., 2014), утворюючи

вторинні ареали і загрожуючи місцевому біорізноманіттю (Зайцева, 2019; Alien..., 2007).

Ґрунтовне дослідження розповсюдження, ступеня і характеру пошкодження фітофагами міських насаджень інтродукованих деревних рослин допоможе розробити прогнози масових розмножень шкідників, попередити їх і створити ефективну інтегровану систему захисту від алохтонних видів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дотепер питання щодо рівня шкідливості і складу комплексу видів комах, трофічно пов'язаних з *J. regia*, залишається маловивченим (Nuriyeva I. A. et al., 2020). Відомо про декілька видів членистоногих, які можуть завдавати значної шкоди промисловим насадженням горіху волоського (Khan et al., 2016; Sheikh et al., 2022). Пошкодження можуть призводити до загального ослаблення дерев, дефоліації, опадання плодів і втрати врожаю (Khan et al., 2016).

Серед спеціалізованих інвазивних філофагів найбільш відомі три види комах. Серед них попелиця горіхова велика (строката, жилкова) (*Panaphis juglandis* Goeze, 1778), яка живиться з верхнього боку листка, і горіхова нижня (*Chromaphis juglandicola* Kaltentbach, 1843), яка оселяється з нижнього боку листкової поверхні. Специфічними симптомами ураження попелицями є відставання в розвитку пагонів, послаблення фотосинтезу (Nuriyeva, Nadirova,

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

2018); за сильного зараження – повне висихання листя, розвиток сажкових грибів на медвяній росі, підвищення схильності до сонячних опіків (Khan et al., 2016; Food..., 2023). Можуть також пошкоджувати генеративні органи і плоди (Nuriyeva, Nadirova, 2018). Велика популяція цих попелиць призводить до зниження врожайності дерев на 25 % (Blackman, Eastop, 2000).

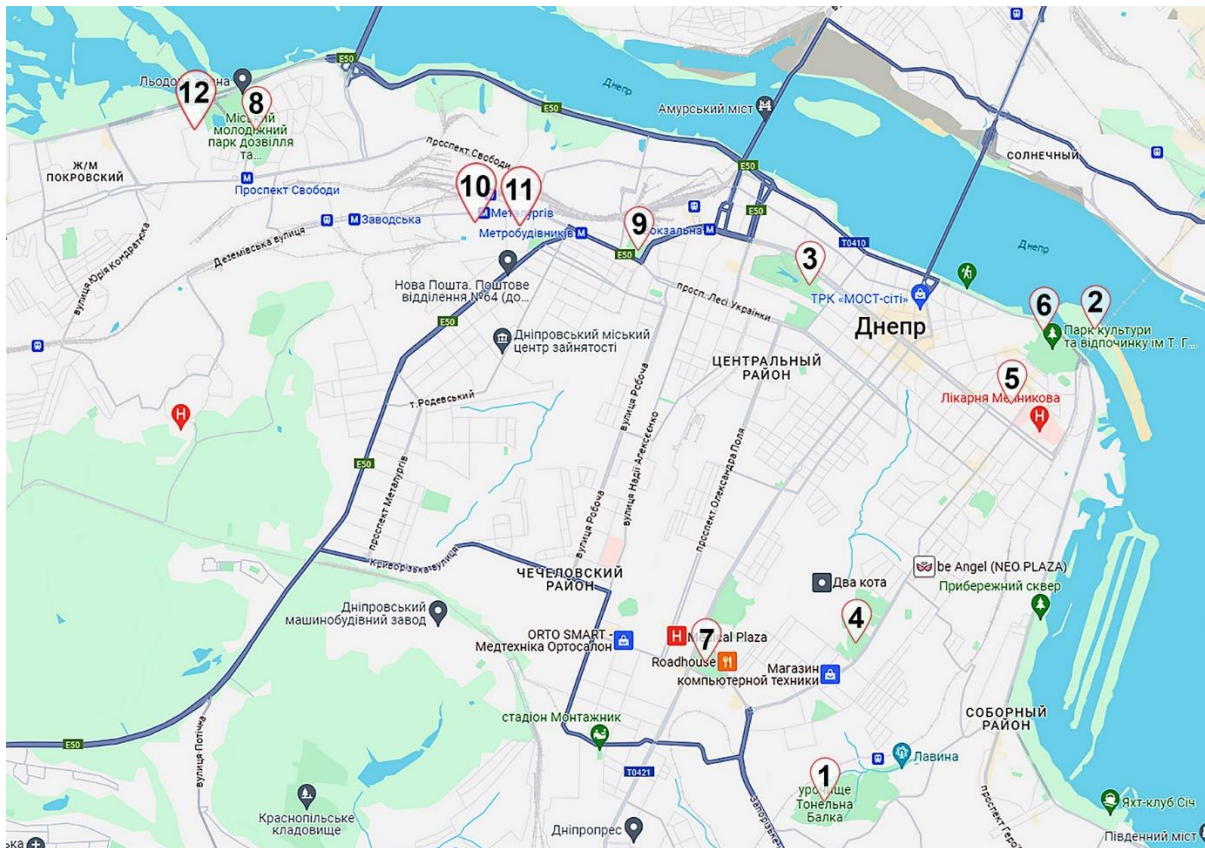
Природний ареал третього виду – молі горіхової худої (*Caloptilia roscipennella* Hübner, 1796), включає частину Південної Європи і Південно-Західну Азію (Lopez-Vaamonde et al., 2010). Зараз активно поширюється Європою, вважається чужорідним видом (Lopez-Vaamonde et al., 2010). Олігофаг родини *Juglandaceae* (Prick et al., 2018). Гусениці молі мінують листки *J. regia*, деформують і скручують (Leafminers..., 2024). У багатьох країнах Європи вид вважається рідкісним і локальним (Prick et al., 2018). Відомо, що гусінь *C. roscipennella* може пошкодити до 20 % листя *J. regia* і прогнозується

подальше зростання рівня шкодочинності цього чужорідного виду (Sinchuk et al., 2020).

У попередній нашій роботі проаналізовано інтенсивність заселеності і ступінь шкодочинності інвазивних видів галових кліщів – філофагів *J. regia*, у зелених насадженнях м. Дніпро (Зайцева, Лазарєв, 2022).

**Мета** даного дослідження – аналіз фітосанітарного стану дерев *J. regia* в урбоценозах м. Дніпро; визначення основних хвороб листя; встановлення комплексу інвазивних видів комах – філофагів горіху волоського і оцінка рівня їх шкодочинності.

**Матеріали та методи.** Дослідження проводили протягом вегетаційного періоду 2021 р. один раз на декаду на 12 дослідних ділянках (ДД): урочище, острівна територія, парки, сквери, територія лікарні, житлового масиву. Всього було обстежено 75 модельних дерев (МД) *J. regia* (Зайцева, Лазарєв, 2022) (рис. 1).



**Рис. 1.** Картошхема розташування ДД у м. Дніпро

Об'єктом дослідження слугували листки і незрілі плоди горіху волоського.

Листя з дерев *J. regia* знімали рандомізовано на висоті до 3 м і відразу поміщали у пакети Zip-Lock для запобігання швидкій втраті вологи і подальшому висиханню зразків (Зайцева, 2018; Lopez-Vaamonde et al., 2020). Листки з пошкодженнями гербаризували, використовуючи загальновідомі методи гербарної справи (Гербарна справа..., 1995; Kirichenko, 2014; Lopez-Vaamonde et al., 2020; Чеботарьова, Старченко, 2021; Мамчур, 2022).

Рівень ушкодження рослин встановлювали як відсоток пошкоджених листків по відношенню

до загальної кількості простих листків у пробі. Частку листків із певним типом пошкодження філофагом визначали відносно загальної кількості пошкоджених простих листків (%).

При зборі матеріалу застосовували традиційні ентомологічні методики огляду, виявлення, збору, фіксації та визначення комах-філофагів (Зайцева, 2018; Станкевич, Горновська, 2022).

Для таксономічної ідентифікації комах на основі аналізу характерних пошкоджень листя, морфологічних ознак стадій розвитку, етологічних особливостей використовували відповідні визначники, ключі й описи (Дядечко, 1964; Wilson, Mühlethaler,

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

2010; Drohojowska et al., 2013; Maurel et al., 2016; Seljak, 2016; Prick et al., 2018; Symonds, Cassis, 2018; Bantock, Botting, 2024; Blackman, Eastop, 2024; CSIRO..., 2024; Dransfield, Brightwell, 2024; Leafminers..., 2024; UkrBIN..., 2024). Назви членистоногих наведено відповідно до електронного каталогу «Fauna Europaea» (De Jong, 2014).

Хвороби визначали за зовнішніми ознаками і відповідними описами збудників (Lee et al., 2011; Chandel, Chauhan, 2018; Скорейко та ін., 2020; Скорейко, Андрійчук, 2023; Визначник..., 2024; Ellis, 2024).

**Результати дослідження та їх обговорення.** За визначений період було досліджено всього 4258 простих листків *J. regia*. Загальний рівень ушкодження склав 79,61 %. На рисунку 2 цей показник відображений для окремих ДД.

Із представлених даних видно (рис. 2), що загальний рівень ушкодження листя *J. regia* високий на усіх ділянках: меншою мірою пошкоджені молоді дерева у сквері ім. І. Старова (66,87 %) і на Монастирському острові (67,79 %), найбільшою – дерева середнього віку в парку ім. Л. Глоби (90,85 %).



**Рис. 2.** Рівень пошкодження листя *J. regia* на окремих ДД

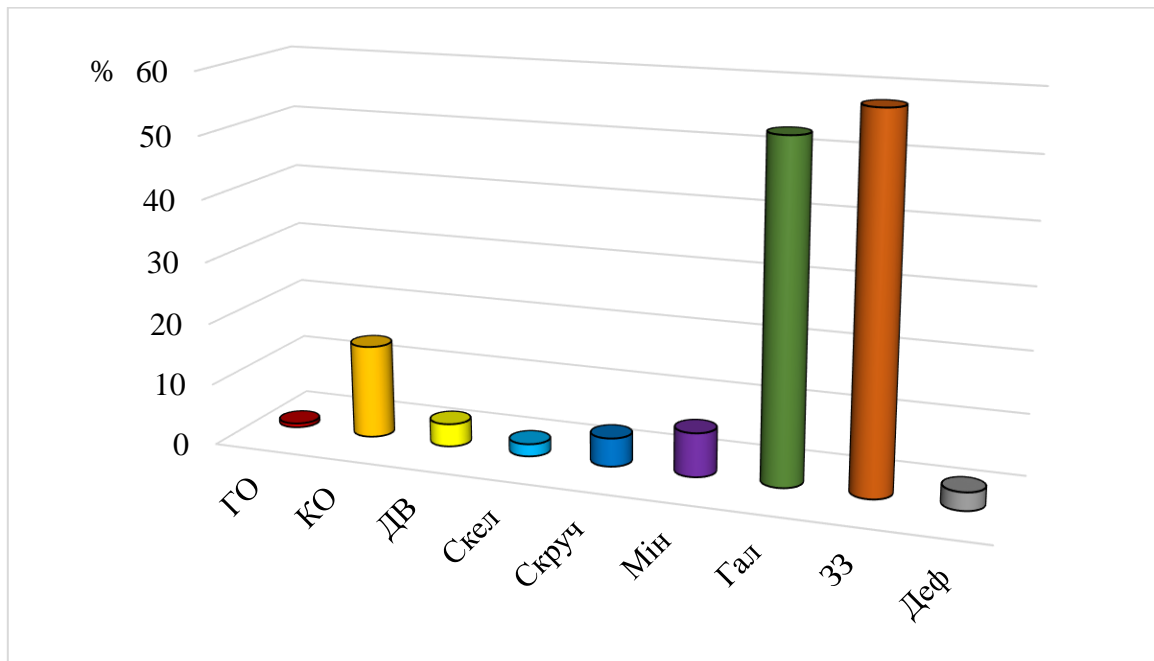
Серед типів пошкоджень домінують зміна забарвлення листків внаслідок живлення сисних комах (58,53 %, відносно усіх пошкоджених листків) і галоутворення (53,75 %, відповідно), яке спричиняють два інвазивні види галових кліщів (*Aceria erinea* Nalepa, 1891, *A. tristriata*

Nalepa, 1890) (Зайцева, Лазарєв, 2022). Найменше зустрічалось грубе об'їдання листків (0,41 %). Серед інших пошкоджень також фіксували крайове обгризання (15,16 %), дірчасте виїдання (3,72 %), скелетування (2,01 %), мінування (7,08 %), що спричиняли, головним

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

чином, гусениці адвентивного виду молі горіхової худой (*Caloptilia roscipennella* Hübner, 1796), деформацію листків (2,89 %), викликану живленням сисних комах і

гусеницями вказаного виду молі (рис. 3). Деякі характерні пошкодження представлені на рисунку 4.



**Рис. 3. Загальний розподіл пошкоджень за типами: ГО – грубе обгризання (> 40 % площі листка); КО – крайове об'їдання; ДВ – дірчасте виїдання; Скел – скелетування; Скруч – скручування листка; Мін – мінування; Гал – галоутворення; ЗЗ – зміна забарвлення внаслідок живлення сисних комах і кліщів; Деф – деформація (гофрування, викривлення жилок)**



Деформація центральної жилки листка внаслідок живлення попелиці *Panaphis juglandis* (МКЛ № 2, 24.07.2021)



Мінування листків гусеницями *Caloptilia roscipennella* (парк ім. Т. Г. Шевченка, 21.07.2021)

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.



Загортання краю листка гусеницями  
*C. roscipennella* (парк 40-річчя визволення  
Дніпра, 25.06.2021)



Зміна забарвлення листка внаслідок живлення  
листоблішок *Cacopsylla* sp.  
(МКЛ № 2, 24.07.2021)



Ушкодження плодів гусеницями плодожерки горіхової (*Laspeyresia putaminana*)  
парк ім. Л. Глоби (26.06.2021)



Скручування листків гусеницями  
*C. roscipennella*  
(парк Новокодацький, 24.07.2021)



Вигляд листка після заселення  
попелицями, видно екзувії личинок і  
сажисті грибки  
(сквер ПрАТ «ДМЗ», 12.07.2021)



Ушкодження плодів гусеницями плодожерки горіхової (*Laspeyresia putaminana*)  
парк ім. Т. Г. Шевченка, 21.07.2021

**Рис. 4. Деякі характерні пошкодження листків і плодів *J. regia* фітофагами**

Рівень ураження листків горіху  
волоського виявленими за період

дослідження хворобами  
представлений у таблиці 1.

1. Рівень ураження листків *Juglans regia* L. хворобами

№ з/п	СДД	Рівень ураження, %	
		<i>Micr. jug.</i> *	<i>Mars. jug.</i>
1	Урочище Тунельна Балка	3,61	51,55
2	Монастирський острів	3,36	35,57
3	Парк ім. Л. Глоби	–	84,15
4	Парк ім. Ю. Гагаріна	23,62	–
5	Сквер ім. Івана Старова	4,82	46,39
6	Парк ім. Т. Г. Шевченка	18,02	47,75
4	Парк 40-річчя визволення Дніпра	6,70	18,44
8	Парк Новокодацький	–	16,48
9	Парк Пам'яті і Примирення	0,75	58,65
10	Сквер біля прохідної ПрАТ «ДМЗ»	1,60	26,28
11	Міська клінічна лікарня № 2	–	64,33
12	ж/м Червоний Камінь	–	61,77
<b>Всього:</b>		<b>5,07</b>	<b>41,80</b>

Примітка: \* *Micr. jug.* – біла плямистість (*Microstroma juglandis* (Berenger) Sacc., 1886); *Mars. jug.* – бура плямистість (*Marssonina juglandis* (Lib.) Magnus, 1906), сумчаста стадія – *Gnomonia leptostyla* (Fr.) Ces. & De Not., 1863) (Визначник..., 2024).

Згідно представлених даних, загальний рівень ураження листків бурюю і білою плямистістю сягає 46,87 %. Рівень ураження бурюю плямистістю у 8,3 рази перевищує аналогічний показник для білої плямистості, дія збудника *Marssonina juglandis* часто поширюється на зелені плоди горіху волоського.

Якщо порівнювати дані окремо за ДД, то можна зазначити наступне. Найбільший відсоток уражених білою плямистістю листків *J. regia* спостерігали у парках Нагірної частини міста – ім. Т. Г. Шевченка (23,62 %, від усіх обстежених листків) і ім. Ю. Гагаріна (18,02 %, відповідно). На інших СДД зараженість листків білою плямистістю була в середньому невисокою і коливалась від 0,75 % (парк Пам'яті і Примирення) до

6,70 % (парк 40-річчя визволення Дніпра). На деяких ділянках (центральна і промислова частина міста, або ближче до водного джерела, за виключенням о. Монастирський) ознак наявності збудника *Microstroma juglandis* виявлено не було.

Окремі результати фотофіксації ураження листків *J. regia* хворобами представлені на рисунку 5.

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

Біла плямистість  
(*Microstroma juglandis*)

парк ім. Ю. Гагаріна (05.07.2021)



парк ім. Т. Г. Шевченка (21.07.2021)



парк ім. Ю. Гагаріна (05.07.2021)

Бура плямистість (марсоніоз)  
(*Marssonina juglandis*)

МКЛ № 2 (24.07.2021)



ж/м Червоний Камінь (26.07.2021)



парк ім. Т. Г. Шевченка (21.07.2021)

**Рис. 5. Ураження листків горіху волоського хворобами**

Ознак бурої плямистості не виявили тільки в парку ім. Ю. Гагаріна, де МД *J. regia* зростають у найбільш захищених і загущених посадках. Найбільш ураженими виявились і листки, і плоди з МД із парку ім. Л. Глоби

(центральна частина міста) – 84,15 % від усіх обстежених листків, найменш – молоді дерева, які зростають у вигляді солітерів у парку Новокодацький (промисловий район міста) – 16,48 %.

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

За визначений період філобіонтів *J. regia* у зелених дослідження було встановлено насадженнях м. Дніпро. Усі виявлені таксономічний склад членистоногих види занесені до таблиці 2.

## 2. Видовий склад членистоногих філобіонтів *J. regia*, виявлених у насадженнях правобережної частини м. Дніпро

№ з/п	Вид філофага	Характерне пошкодження*	Частота трапляння**
<i>Клас Павукоподібні (Arachnida)</i>			
<i>Надряд Кліщі акариформні (Acariformes)</i>			
<i>Ряд Тромбідіформні кліщі (Trombidiformes)</i>			
<i>Родина Кліщі галові чотириногі (Eriophyidae Nalepa, 1898)</i>			
1	Кліщ повстяний горіховий ( <i>Aceria erinea</i> Nalepa, 1891)	Г	+++
2	Кліщ бородавчастий горіховий ( <i>A. tristriata</i> Nalepa, 1890)	Г	+++
<i>Клас Комахи (Insecta)</i>			
<i>Ряд Напівжорсткокрилі (Hemiptera)</i>			
<i>Родина Цикадки (Cicadellidae Latreille, 1802)</i>			
3	Зигінелла гарна ( <i>Zyginella pulchra</i> Löw, 1885) (Radjabi, 1989; Wilson, 2010)	Зз	+
<i>Родина Флатіди (Flatidae Spinola, 1839)</i>			
4	Цикадка меткальфа (біла, цитрусова) ( <i>Metcalfa pruinosa</i> Say, 1830)	Зз	+
<i>Родина Листоблішки справжні (Psyllidae Latreille, 1807)</i>			
5	Листоблішка іноземна ( <i>Cacopsylla peregrina</i> Foerster, 1848)*** (Drohojowska, 2013; Bantock, Botting, 2024)	Зз, Деф	+++
<i>Родина Попелиці справжні (Aphididae Latreille, 1802)</i>			
6	Попелиця горіхова нижня ( <i>Chromaphis juglandicola</i> Kaltenbach, 1843)	Зз	++
7	Попелиця горіхова велика (строката) ( <i>Panaphis juglandis</i> Goeze, 1778)	Зз, Деф	+++
8	Попелиця люцернова ( <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854)	Зз, Деф	++
<i>Родина Сліпняки (Miridae Hahn, 1831)</i>			
9	Сліпняк облямований ( <i>Orthotylus marginalis</i> Reuter, 1883)	Зз, П	+
10	Сліпняк (відомий як ніжний яблучний капсид) ( <i>Malacocoris chlorizans</i> Panzer, 1794) (Драполюк, 2017)	Зз, П зоофітофаг	+
<i>Родина Щитники справжні (Pentatomidae Leach, 1815)</i>			
11	Щитник деревний зелений ( <i>Palomena prasina</i> Linnaeus, 1761)	Зз, П	+
12	Щитник мрамуровий коричневий ( <i>Halyomorpha halys</i> Stål, 1855)	Зз, П, Деф	+
<i>Ряд Бахромчастокрилі, або Трипси (Thysanoptera)</i>			

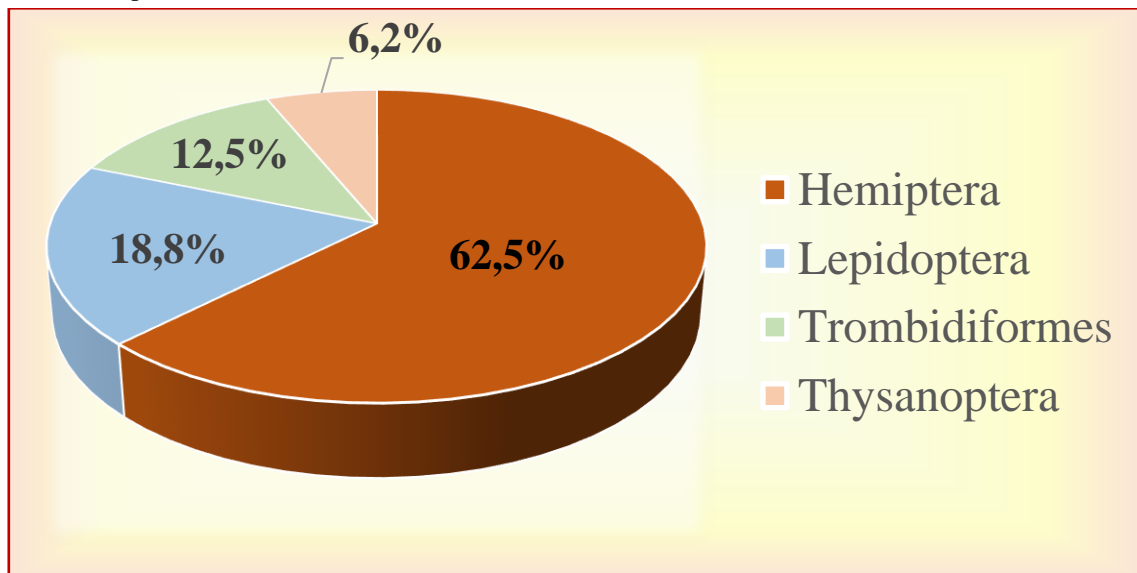
Зайцева І. А., Лазарев О. С.

Родина Флеотріпіді ( <i>Phlaeothripidae</i> Uzel, 1895)		
13	Трипс пустоцвітій ( <i>Harlothrips aculeatus</i> Fabricius, 1803) (Дядечко, 1964)	Зз +
Ряд Лускокрилі, або Метелики ( <i>Lepidoptera</i> )		
Родина Листовійки ( <i>Tortricidae</i> Latreille, 1803)		
14	Плодожерка горіхова ( <i>Cydia (=Laspeyresia) pomonella</i> Linnaeus, 1758 f. <i>putaminana</i> Staudinger, 1859)	Пошкодження плодів ++
Родина Моли-крихітки кривовусі ( <i>Bucculatricidae</i> Wallengren, 1881)		
15	Міль крихітка кривовуса ( <i>Bucculatrix</i> sp)	М +
Родина Моли-строкатки ( <i>Gracillariidae</i> Stainton, 1854 = <i>Lithocolletis</i> Hubner, 1825)		
16	Міль горіхова худа ( <i>Caloptilia roscipennella</i> Hübner, 1796)	Скел, Скруч, М +++
Ентомофаги		
Вид ентомофага	Таксономічна приналежність	Частота трапляння**
Сонечко-арлекін, або гармонія азійська (далекосхідна) ( <i>Harmonia axyridis</i> Pallas, 1773)	<b>Coccinellidae</b> Latreille, 1807	+
Сонечко зернисте (стисле) ( <i>Oenopia conglobata</i> Linnaeus, 1758)		+
Оріус гладкий ( <i>Orius laevigatus</i> Fieber, 1860)	<b>Anthocoridae</b> Fieber, 1836	++
Оріус чорний ( <i>Orius niger</i> Wolff, 1811)		+
Оріус ( <i>Orius laticollis</i> Reuter, 1884)		+
Слепняк кремовий ( <i>Deraeocoris (=Knightocapsus=Camptobrochis) lutescens</i> Schilling, 1837)	<b>Miridae</b> Hahn, 1831 Середземноморський вид	+
Личинки мух-дзюрчалок ( <i>Syrphidae</i> sp.)	<b>Syrphidae</b> Latreille, 1802	++

Примітки: \* – Характерне пошкодження: Скел – скелетування; Скруч – скручування; М – мінування; Г – утворення галів; Зз – зміна забарвлення внаслідок висисання соків; Деф – деформація; П – проколи; \*\* – «+++» – висока чисельність; «++» – середня чисельність; «+» – поодинокі випадки; \*\*\* – листоблішка *Cacopsylla peregrina* морфологічно дуже схожа на листоблішку яблуневу (*C. mali* Schmidberger, 1836) (Bantock, Botting, 2024), тому питання точного визначення потребує подальшого дослідження

Згідно отриманих даних (табл. 2), до складу комплексу членистоногих філофагів і карпофагів горіху волоського, виявлених у зелених насадженнях м. Дніпро,

входить 16 видів із 11 родин 4 рядів. При цьому доля Hemiptera складає 62,5 %, Lepidoptera – 18,8 %, Trombidiformes – 12,5 %, Thysanoptera – 6,2 % (рис. 6).



**Рис. 6. Таксономічна структура членистоногих філофагів і карпофагів *J. regia*, зареєстрованих у зелених насадженнях м. Дніпро**

Результати фотофіксації деяких виявлених комах-шкідників і стадій

їх розвитку представлені на рисунку 7.



А



Б



В

Гусениця (А), передлялечка (Б) і лялечка (В) моли горіхової худой (*Caloptilia roscipennella*) (парк ім. Ю. Гагаріна, 05.07.2021)



А

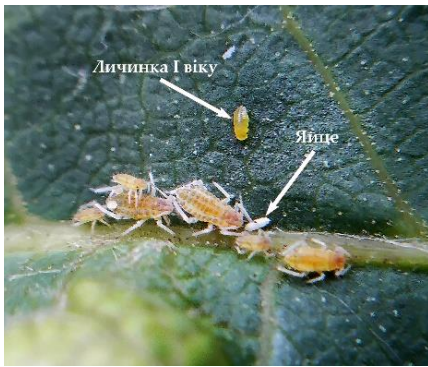


Б



В

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.



Г



Д



Е

Попелиця горіхова велика (*Panaphis juglandis*): А – імаго; Б – личинки висмоктують соки з центральної жилки; В, Г – колонії попелиць; Д – крилата самиця і личинки II віку; Е – личинки різних віків і німфи живляться на центральній жилці (липень 2021)



А



Б

Попелиця горіхова нижня (*Chromaphis juglandicola*): А – крилата особина (сквер І. Старова, 21.07.2021); Б – личинки різного віку (парк ім. Ю. Гагаріна, 05.07.2021)



Імаго *Sacopsylla peregrina*  
(парк ім. Ю. Гагаріна,  
05.07.2021)



*Zyginella pulchra*  
(парк ім. Л. Глоби,  
26.07.2021)



Гусениця *Cydia pomonella* f.  
*putaminana* (парк ім. Л. Глоби,  
26.07.2021)

### Рис. 7. Деякі шкідники листа *J. regia*, виявлені в зелених насадженнях м. Дніпро

Аналізуючи отримані дані, можна зазначити, що найбільш чисельними видами членистоногих філофагів горіху волоського в межах м. Дніпро є два інвазивних види галових кліщів: *Aceria erinea* і

*A. tristriata* (Зайцева, Лазарєв, 2022). Наступне місце за частотою трапляння й спричинюваною шкодою займає спеціалізований філофаг *J. regia* – міль горіхова худа (*Caloptilia roscipennella*). Гусениці

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

метелика спричиняють множинні пошкодження листків: скелетування, скручування, мінування і деформацію листкової пластинки.

Слід зазначити, що в окремих локалітетах території правобережної

частини м. Дніпро були виявлені два особливо небезпечні інвазивні види: цикадка біла (*Metcalfa pruinosa* Say, 1830) (рис. 8) і щитник мармуровий коричневий (*Halyomorpha halys* Stål, 1855) (рис. 9).



Рис. 8. Німфи *Metcalfa pruinosa* на листках *J. regia* (парк ім. Ю. Гагаріна, 05.07.2021)



Рис. 9. Личинки II віку *Halyomorpha halys* на листку *J. regia* (парк Пам'яті і Примирення, 02.07.2021)

1 липня 2017 року *Halyomorpha halys* був включений до Єдиного переліку карантинних об'єктів Євразійського економічного союзу (Держспоживслужба..., 2023а). Тому достатньою і необхідною умовою для початку застосування заходів

боротьби з ним є сам факт наявності даного виду, незалежно від його чисельності.

**Висновки і перспективи.** Загальний рівень ураження листків горіху волоського хворобами в зелених насадженнях м. Дніпро склав

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

46,9 %, ушкодження членистоногими філофагами – 79,6 %. Частота трапляння ураження бурою плямистістю у 8,3 рази перевищує аналогічний показник для білої плямистості.

Найбільш поширеними і небезпечними видами членистоногих філофагів вважаємо такі: *Aceria erinea*, *A. tristriata*, *Panaphis juglandis*, *Caloptilia roscipennella*; потенційно

загрозливими – *Halyomorpha halys*, *Metcalfa pruinosa*.

Актуальними і перспективними є подальші дослідження особливостей розповсюдження і шкодочинності інвазивних видів кліщів і комах, які можуть становити загрозу для інтродукованих деревних рослин у складі урбоценозів Степового Придніпров'я, а також вивчення видового складу трофічно пов'язаних з ними ентомофагів.

<https://doi.org/10.26661/2312-2056/2018-23/1-12>

8. Зайцева І. А. Інвазійний вид *Megabruchidius dorsalis* Fähræus, 1983 (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) в урбоценозах м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24. № 1. С. 102–115. doi:

<https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-08>

9. Зайцева І. А., Лазарєв О. С. Шкодочинність інвазивних видів галових кліщів (Acariformes: Eriophyidae) – філофагів *Juglans regia* L. в урбоценозах м. Дніпро. Наукові доповіді НУБІП України. 2022. № 2 (96). С. 10–22. doi: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovid2022.02.011>

10. Мамчур Т. В. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт «Гербарна справа» для студентів початкового рівня освіти (короткий цикл) за спеціальністю 091 Біологія. Умань : УНУС. 2022. 219 с.

11. Меженський В. М. Волоський горіх (*Juglans regia* L.). Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. 533 с.

12. Мешкова В. Л., Туренко В. П., Байдик Г. В. Адвентивні шкідливі організми в лісах України. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія : Фітопатологія та ентомологія. 2014. № 1–2. С. 112–121.

13. Скорейко А. М., Андрійчук Т. О., Білик Р. М., Кувшинов О. Я. Фітосанітарний стан

### Список використаних джерел

1. Божок О. П., Божок В. О. Про перспективи вирощування горіха грецького на території України. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27 (3). С. 25–29. URL:

<http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/253>

2. Визначник хвороб: волоський горіх (*Juglans regia* L.). 2024. URL: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=1127](https://agromage.com/stat_id.php?id=1127)

3. Гербарна справа : довідковий посібник / за ред. Д. Брідсон, Л. Формана. К'ю : Королівський ботан. сад. 1995. 341 с.

4. Держпродспоживслужба України. УВАГА! Жовто-бурий мармуровий клоп (*Halyomorpha halys* Stal.). 2023. URL: <https://dpss.gov.ua/fitosanitariya-kontrol-u-sferi-nasinnictva-ta-rozsadnictva/uvaha-zhovto-buryi-marmurovyi-klop-halyomorpha-halys-stal>

5. Драполюк І. С. Клопи-сліпняки триби Orthotylini (Heteroptera: Miridae: Orthotylinae) Кавказу. Кавказький ентомологічний бюлетень. 2017. № 13 (1). С. 23–31.

6. Дядечко М. П. Трипси або бахромчастокрилі комахи (Thysanoptera) Європейської частини СРСР. Київ : Урожай, 1964. С. 324, 331 (388 с.).

7. Зайцева І. А. Дендробіонтні філофаги *Tilia* L. у насадженнях м. Дніпро: весняна фенологічна група. Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя : ЗНУ, 2018. Вип. 23. № 1. С. 146–167. doi:

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

насаджень горіха грецького у західному регіоні України. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. № 67 (2). С. 215–227. doi: 10.32636/01308521.2020-(67)-2-14

14. Скорейко А. М., Андрійчук Т. О. Поширення небезпечних хвороб горіха грецького у різних за віком насадженнях у Західному Лісостепу України. Фітосанітарна безпека. 2023. Вип. 69. С. 204–213. doi: <https://doi.org/10.36495/PHSS.2023.69.204-213>

15. Станкевич С. В., Горновська С. В. Методи виявлення, збору та зберігання комах : навч. посіб. Житомир : «Рута», 2022. 140 с.

16. Стрела Т. Е. Орех грецький. Київ : Наук. думка, 1990. 192 с.

17. Чеботарьова Л. В., Старченко В. І. Гербарій як музейна колекція : комплектування, облік, зберігання. Методичні рекомендації / [за заг. ред. Т. К. Кондратенко]. Харків : ТОВ «Майдан», 2021. 56 с. URL: <http://pkm.poltava.ua/books/library/2021/gerbariy.pdf>

18. Щепотьєв Ф. Л., Павленко Ф. А., Ріхтер О. А. Горіхи. Київ : Урожай, 1987. 184 с.

19. Alien Invasive Species and International Trade / Ed. by H. Evans and T. Oszako. Warsaw. 2007. 179 p.

20. Bantock T., Botting J. British Bugs. An online identification guide to UK Hemiptera. 2024. URL: [www.britishbugs.org.uk](http://www.britishbugs.org.uk)

21. Blackman R. L., Eastop V. F. Aphids on the world crops. An identification and information guide. London : The natural history museum, 2000. 466 p.

22. Chandel S., Chauhan P. First report of *Microstroma juglandis* causing downy leaf spot or white mould on *Celtis australis* from Himachal Pradesh, India. Internat. J. Plant Protec. 2018. Vol. 11(2). P. 161–163. doi: 10.15740/HAS/IJPP/11.2/161-163.

23. CSIRO. Australian National Insect Collection. Identification resources online. 2023. URL: <https://www.csiro.au/en/research/animals/insects/ID-Resources>

24. De Jong Y. (ed.). Fauna Europaea. version 2.6.2. 2000–2014. URL: <http://www.faunaeur.org>

25. Dransfield R. D., Brightwell R. Influential Points. Aphid identification. 2024. URL: [https://influentialpoints.com/Gallery/Aphid\\_genera.htm](https://influentialpoints.com/Gallery/Aphid_genera.htm)

26. Drohojowska J., Kalandyk-Kołodziejczyk M., Simon E. Thorax morphology of selected species of the genus *Cacopsylla* (Hemiptera, Psylloidea). ZooKeys. 2013. Vol. 319, P. 27–35. doi: 10.3897/zookeys.319.4218

27. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Statistics Division. 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat/>

28. Khan A. A., Dar S. A., Shah M. A., Mohi-ud-din S., Majid S. Insect pests of walnut and their management. *Insect pests management of fruit crops* / Eds. A. K. Pandey, P. Mall. New Delhi : Biotech Books, 2016. P. 307–355.

29. Kirichenko N. I. Methodological approaches to the study of insects mining leaves of woody plants. News of the St. Pb. Forestry Academy. 2014. Vol. 207. P. 235–246.

30. Leafminers and plant galls of Europe / ed. W. N. Ellis. Amsterdam, 2001–2024. URL: <http://www.bladmeneerders.nl>.

31. Lee S.-H., Lee S.-K., Park J.-H., Cho S.-E., Shin H.-D. Occurrence of Downy Leaf Spot on *Juglans regia* Caused by *Microstoma juglandis* in Korea. 2011. Res. Plant Dis. Vol. 17(3). P. 386–390. doi: <http://dx.doi.org/10.5423/RPD.2011.17.3.386>

32. Lopez-Vaamonde C., Agassiz D. V. L., Augustin S., De Prins J., De Prins W., Gomboc S., Ivinskis P., Karsholt O., Koutroumpas A., Koutroumpa F., Laštůvka Z., Karsholt O., Marabuto E., Olivella E., Przybyłowicz L., Roques A., Ryrholm N., Šefrová H., Šima P., Sims O., Sinev S., Tomov R., Zilli A., Lees D.C. Lepidoptera. 2010. Chapter 11 / In : Roques A. et al. (Eds). *Alien terrestrial arthropods of Europe. BioRisk*. Vol. 4 (2). P. 603–668. doi: <https://doi.org/10.3897/biorisk.4.50>

33. Lopez-Vaamonde C., Kirichenko N. I., Ohshima I. Collecting, Rearing, and Preserving Leaf-Mining Insects /

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

In: *Measuring Arthropod Biodiversity*. Publisher: Springer, 2020. P. 439–466. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-53226-0\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-53226-0_17)

34. Maurel J.-Ph., Blaye G., Valladares L., Roinel É., Cochard P.-O. *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), la punaise diabolique en France, à Toulouse (Heteroptera; Pentatomidae). *Carnets natures*. 2016. Vol. 3. P. 21–25.

35. Nuriyeva I. A., Nadirova G. I. Some bioecological peculiarities of *Panaphis juglandis* (Goeze, 1778) and *Chromaphis juglandicola* (Kaltenbach, 1843) (Hemiptera, Aphididae) the pests of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in Azerbaijan. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018. Vol. 6. Iss. 2. P. 186–189.

36. Nuriyeva I. A., Topchiyeva Sh. A., Salakhova S. Z., Kerimova R. Z., Tanverdiyeva S. A. Insect Pests and Qualitative Composition of Walnut (*Juglans regia* L.) Fruits in Azerbaijan. *Annals of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*. 2020. Vol. 1. Iss. 1. P. 01–02.

37. Prick M., Schreurs A., van Noort T. Notities over de walnootstelmtot (*Caloptilia roscipennella*) (Lepidoptera: Gracillariidae) in Nederland. *Entomologische Berichten*. 2018. Vol. 78(5). P. 175–179.

38. Radjabi Gh., Mirzayans H. First report of *Zyginella pulchra* Low as a harmful insect on deciduous fruit trees in Iran. *Entom et Phytopath Appliquees*. 1989. Vol. 56 (1–2). C. 101–103.

39. Seljak G. New and little known plant- and leafhoppers of the fauna of Slovenia (Hemiptera: Fulgoromorpha and Cicadomorpha). *Acta entomologica slovenica*. 2016. Vol. 24(2). P. 151–200.

40. Sheikh S. A., Mohi-Ud-Din S., Yaqoob M., Ganie N. A., Ayoub L., War W. A., Rasool J., Farooq Z. Temporal prevalence of insect pests on walnut (*Juglans regia* L.) and their associated natural enemies under temperate conditions of Kashmir. *The Pharma Innovation Journal*. 2022. SP–11(9). P. 2759–2763.

41. Sinchuk A. V., Buga S. V., Baryshnikova S. V. First record of the walnut leaf miner *Caloptilia roscipennella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Belarus, with a

note on synonymy. *Zoosystematica Rossica*. 2020. Vol. 29(1). P. 122–127.

42. Symonds C. L., Cassis G. Systematics and Analysis of the Radiation of Orthotylini Plant Bugs Associated with Callitroid Conifers in Australia: Description of Five New Genera and 32 New Species (Heteroptera: Miridae: Orthotylinae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 2018. Vol. 422. P. 1–226. doi: <https://doi.org/10.1206/0003-0090-422.1.1>

43. UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network. Національна мережа інформації з біорізноманіття. 2007–2024. Available at: <http://www.ukrbin.com>

44. Wilson M. R., Mühlethaler R. The nymph of *Zyginella pulchra* Löw, 1885 (Hemiptera, Cicadellidae, Typhlocybinae). *Cicadina*. 2010. Vol. 11. P. 43–45.

## References

1. Bozhok, O.P., & Bozhok, V.O. (2017). Some Prospects of Walnut Cultivation in the Territory of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 25–29. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/253>

2. Determinant of diseases: walnut (*Juglans regia* L.). (2024). Retrieved from: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=1127](https://agromage.com/stat_id.php?id=1127)

3. Bridson, D., & Forman, L. (eds.) (1995). *The Herbarium Handbook*. Revised edition. Royal Botanic Gardens, Kew.

4. The State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection (SSUFSCP). WARNING! Yellow-brown marbled bug (*Halyomorpha halys* Stal.). (2023). Retrieved from: <https://dpss.gov.ua/fitosanitariya-kontrol-u-sferi-nasinnictva-ta-rozsadnictva/uvaha-zhovto-buryi-marmurovyi-klop-halyomorpha-halys-stal>

5. Drapolyuk, I.S. (2017). Plant bugs of the tribe Orthotylini (Heteroptera: Miridae: Orthotylinae) from the Caucasus. *Caucasian Entomological Bull.* 13(1): 23–31.

6. Dyadechko, N.P. (1964). Thysonoptera thrips of the European part of the USSR. Kyiv: Harvest.

7. Zaitseva, I.A. (2018). Phyllophagous arthropods of the linden trees (*Tilia* L.) in the Dnipro plantations: spring phenological group. *Problems of bioindications and ecology*, 23(1),

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

146–167. doi: <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2018-23/1-12>

8. Zaitseva, I.A. (2019). Invasive species *Megabruchidius dorsalis* Fähræus, 1839 (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) in urbocenoses of the Dnipro city. *Problems of bioindications and ecology*, 24(1), 102–115. doi: <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-08>

9. Zaitseva, I.A., & Lazariiev, A.S. (2022). Harmfulness of invasive species gall mites (Acariformes: Eriophyidae) – phyllophages *Juglans regia* L., in urbocenoses of Dnipro city. *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 2(96), 10–22. doi: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.02.011>

10. Mamchur, T.V. (2022). Methodological recommendations for the performance of laboratory work «Herbal business» for students of the primary level of education (short cycle) in the specialty 091 Biology. Uman: Uman National University of Horticulture, 219.

11. Mezhenyskyj, V.M. (2020). Walnut (*Juglans regia* L.). Kyiv: Lira-K.

12. Mieshkova, V. L., Turenko, V. P., & Baidyk, H. V. (2014). Adventive injurious organisms in Ukrainian forests. *The bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Phytopatology and Entomology*, 1–2, 112–121.

13. Skoreiko, A.M., Andriichuk, T.O., Bilyk, R.M., & Kuvshynov, O.Ya. (2020). Phytosanitary status of walnut plantations in the western region of Ukraine. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding, Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*, 67(II), 215–227. doi: [10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-14](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-14)

14. Skoreiko, A.M., & Andriichuk, T.O. (2023). Spread of dangerous walnut diseases in plantations of different ages in the Western Forest Steppe of Ukraine. *Phytosanitary security*, 69, 204–213. doi: <https://doi.org/10.36495/PHSS.2023.69.204-213>

15. Stankevych, S.V., & Hornovska, S.V. (2022). Methods of detection, collection and storage of insects: teaching. manual. Zhytomyr: «Ruta»

16. Strela, T.E. (1990). Walnut. Kiev: Nauk. dumka.

17. Chebotarova, L.V., & Starchenko, V.I. (2021). Herbarium as a museum collections: assembly, accounting, storage. Methodical recommendations / T.K. Kondratenko (Ed.). Kharkiv: TOV «Maidan», 56. Retrieved from: <http://pkm.poltava.ua/books/library/2021/gerbary.pdf>

18. Shchepotiev, F.L., Pavlenko, F.A., & Richter, O.A. (1987). Nuts. Kyiv: Harvest.

19. Evans, H. & Oszako, T. (Eds.). (2007). Alien Invasive Species and International Trade. Warsaw: Instytut Badawczy Leśnictwa.

20. Bantock, T., & Botting, J. (2024). British Bugs. An online identification guide to UK Hemiptera. Retrieved from: [www.britishbugs.org.uk](http://www.britishbugs.org.uk)

21. Blackman, R.L., & Eastop, V.F. (2000). Aphids on the world crops. An identification and information guide. London: The natural history museum.

22. Chandel, S., & Chauhan, P. (2018). First report of *Microstroma juglandis* causing downy leaf spot or white mould on *Celtis australis* from Himachal Pradesh, India. *Internat. J. Plant Protec.*, 11(2), 161–163. doi: [10.15740/HAS/IJPP/11.2/161-163](https://doi.org/10.15740/HAS/IJPP/11.2/161-163).

23. CSIRO. Australian National Insect Collection. Identification resources online. (2023). Retrieved from: <https://www.csiro.au/en/research/animals/insects/ID-Resources>

24. De Jong, Y. (Ed.). (2000–2014). Fauna Europaea. version 2.6.2. Retrieved from: <http://www.faunaeur.org>

25. Dransfield, R.D., & Brightwell, R. Influential Points. Aphid identification. (2024). Retrieved from: [https://influentialpoints.com/Gallery/Aphid\\_genera.htm](https://influentialpoints.com/Gallery/Aphid_genera.htm)

26. Drohojowska, J., Kalandyk-Kołodziejczyk, M., & Simon, E. (2013). Thorax morphology of selected species of the genus *Cacopsylla* (Hemiptera, Psylloidea). *ZooKeys*, 319, 27–35. doi: [10.3897/zookeys.319.4218](https://doi.org/10.3897/zookeys.319.4218)

27. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Statistics Division. (2023). Retrieved from: <https://www.fao.org/faostat/>

Зайцева І. А., Лазарєв О. С.

28. Khan, A.A., Dar, S.A., Shah, M.A., Mohi-ud-din, S., & Majid, S. (2016). Insect pests of walnut and their management. In: A.K. Pandey, & P. Mall (eds). *Insect pests management of fruit crops*. New Delhi: Biotech Books, 307–355.
29. Kirichenko, N.I. (2014). Methodological approaches to the study of insects mining leaves of woody plants. *News of the St. Pb. Forestry Academy*, 207, 235–246.
30. Ellis, W.N. (Ed.). *Leafminers and plant galls of Europe*. Amsterdam. (2001–2024). Retrieved from: <http://www.bladmineerders.nl>.
31. Lee, S.-H., Lee, S.-K., Park, J.-H., Cho, S.-E., & Shin, H.-D. (2011). Occurrence of Downy Leaf Spot on *Juglans regia* Caused by *Microstroma juglandis* in Korea. *Res. Plant Dis.*, 17(3), 386–390. doi: <http://dx.doi.org/10.5423/RPD.2011.17.3.386>
32. Lopez-Vaamonde, C., Agassiz, D.V.L., Augustin, S., De Prins, J., De Prins, W., Gomboc, S., Ivinskis, P., Karsholt, O., Koutroumpas, A., Koutroumpa, F., Laštůvka, Z., Karsholt, O., Marabuto, E., Olivella, E., Przybyłowicz, L., Roques, A., Ryrholm, N., Šefrová, H., Šima, P., Sims, O., Sinev, S., Tomov, R., Zilli, A., & Lees D.C. (2010). Lepidoptera. Chapter 11. In: Roques, A. et al. (Eds). *Alien terrestrial arthropods of Europe*. *BioRisk*, 4(2), 603–668. doi: <https://doi.org/10.3897/biorisk.4.50>
33. Lopez-Vaamonde, C., Kirichenko, N.I., Ohshima, I. (2020). Collecting, Rearing, and Preserving Leaf-Mining Insects. In: *Measuring Arthropod Biodiversity*. Publisher: Springer, 439–466. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-53226-0\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-53226-0_17)
34. Maurel, J.-Ph., Blaye, G., Valladares, L., Roinel, É., & Cochard, P.-O. (2016). *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), la punaise diabolique en France, à Toulouse (Heteroptera; Pentatomidae). *Carnets natures*, 3, 21–25.
35. Nuriyeva, I.A., & Nadirova, G.I. (2018). Some bioecological peculiarities of *Panaphis juglandis* (Goeze, 1778) and *Chromaphis juglandicola* (Kaltenbach, 1843) (Hemiptera, Aphididae) the pests of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in Azerbaijan. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 186–189.
36. Nuriyeva, I.A., Topchiyeva, Sh.A., Salakhova, S.Z., Kerimova, R.Z., & Tanverdiyeva, S.A. (2020). Insect Pests and Qualitative Composition of Walnut (*Juglans regia* L.) Fruits in Azerbaijan. *Annals of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 1(1), 01–02.
37. Prick, M., Schreurs, A., & van Noort, T. (2018). Notities over de walnootstelmtot (*Caloptilia roscipennella*) (Lepidoptera: Gracillariidae) in Nederland. *Entomologische Berichten*, 78(5), 175–179.
38. Radjabi, Gh., & Mirzayans, H. (1989). First report of *Zyginella pulchra* Low as a harmful insect on deciduous fruit trees in Iran. *Entom et Phytopath Appliquees*, 56(1–2), 101–103.
39. Seljak, G. (2016). New and little known plant- and leafhoppers of the fauna of Slovenia (Hemiptera: Fulgoromorpha and Cicadomorpha). *Acta entomologica slovenica*, 24(2), 151–200.
40. Sheikh, S.A., Mohi-Ud-Din, S., Yaqoob, M., Ganie, N.A., Ayoub, L., War, W.A., Rasool, J., & Farooq, Z. (2022). Temporal prevalence of insect pests on walnut (*Juglans regia* L.) and their associated natural enemies under temperate conditions of Kashmir. *The Pharma Innovation Journal*, 11(9), 2759–2763.
41. Sinchuk, A.V., Buga, S.V., & Baryshnikova, S.V. (2020). First record of the walnut leaf miner *Caloptilia roscipennella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Belarus, with a note on synonymy. *Zoosystematica Rossica*, 29(1), 122–127.
42. Symonds, C.L., & Cassis, G. (2018). Systematics and Analysis of the Radiation of Orthotylini Plant Bugs Associated with Callitroid Conifers in Australia: Description of Five New Genera and 32 New Species (Heteroptera: Miridae: Orthotylinae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 422, 1–226. doi: <https://doi.org/10.1206/0003-0090-422.1.1>
43. UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network. (2007–2024). Retrieved from: <http://www.ukrbn.com>
44. Wilson, M.R., & Mühlethaler, R. (2010). The nymph of *Zyginella pulchra* Löw, 1885 (Hemiptera, Cicadellidae, Typhlocybinae). *Cicadina*, 11, 43–45.

## PHYTOSANITARY STATE OF WALNUT (*JUGLANS REGIA* L.) IN THE GREEN PLANTINGS OF THE DNIPRO CITY

I. A. Zaitseva, A. S. Lazariev

**Abstract.** Walnut is a promising element of the greening system of the Ukraine urbanized landscapes due to its resistance to environmental pollution, durability, fast growth, fruit qualities, etc. The aesthetic value and health-improving functions of *Juglans regia* in the city can be significantly weakened due to the destruction of the leaves by phyllophages and diseases.

In the presented work, an analysis of the phytosanitary status of *J. regia* trees in urbocenoses of Dnipro was carried out, the main leaf diseases were determined, a complex of insects and mites – phyllobionts of walnut trees, was established, and the level of their harmfulness was assessed.

The research was conducted during the growing season of 2021 once a decade on 12 experimental sites, which differed in the conditions growth of *J. regia* growth. The study object was the walnut leaves and unripe fruits. 75 *J. regia* trees were examined.

On average the damage degree to *J. regia* trees leaves by diseases is 46.9 %. The damage level by brown spot is 8.3 times higher than the similar indicator for white mould. The influence of anthracnose causative agent (*Marssonina juglandis*) often extends to walnut green fruits.

The overall level of leaf damage by arthropod phyllophagous is 79.6 %. Among the types of damage are dominate the change in the leaves color due to sucking insects feeding (58.5 %) and gall-formation (53.8 %) as a result of the gall mites (*Aceria erinea*, *A. tristriata*) vital activity.

The walnut arthropod phyllobionts taxonomic composition was determined. 16 species in 11 families and 4 orders were identified. The share of Hemiptera is 62.5 %, Lepidoptera – 18.8 %, Trombidiformes – 12.5 %, Thysanoptera – 6.2 %. Six species of entomophages were identified. Two especially dangerous invasive species – *Metcalfa pruinosa* and *Halyomorpha halys*, were found on *J. regia* trees in some plots of the Dnipro city right bank territory. The most common and harmful species are the following: *Aceria erinea*, *A. tristriata*, *Panaphis juglandis*, *Caloptilia roscipennella*; potentially threatening – *Halyomorpha halys*, *Metcalfa pruinosa*.

**Key words:** *Juglans regia*, urbocenoses, diseases and pests of leaves, species composition, invasive species

**How to Cite:** Zaitseva, I., & Lazariev, A. (2024). Phytosanitary state of walnut (*Juglans regia* L.) in the green plantings of the Dnipro city. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.017](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.017)

**ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКРЕАЦІЙНО-ОЗДОРОВЧИХ СОСНОВИХ ЛІСІВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО СТЕПУ**

**С. І. МУСІЄНКО**, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу лісівництва та економіки лісового господарства,

<https://orcid.org/0000-0002-6581-2670>

Email: musienkosergij\_les@ukr.net

**В. А. ЛУК'ЯНЕЦЬ**, старший науковий співробітник, відділ лісівництва та економіки лісового господарства, <https://orcid.org/0000-0002-3427-4240>

Email: lukyanetc52@ukr.net

**М. Г. РУМЯНЦЕВ**, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу лісовідновлення та захисного лісорозведення,

<https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

Email: maxrum-89@ukr.net

**О. М. ТАРНОПІЛЬСЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник, відділ лісівництва та економіки лісового господарства,

<https://orcid.org/0000-0002-4810-8892>

Email: tarnoks@ukr.net

**О. В. КОБЕЦЬ**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, відділ лісівництва та економіки лісового господарства,

<https://orcid.org/0000-0003-0712-8827>

Email: alexei\_kobec@ukr.net

**В. В. БОНДАРЕНКО**, молодший науковий співробітник, відділ лісівництва та економіки лісового господарства, <https://orcid.org/0000-0001-8187-5519>

Email: lspg@ukr.net

*Український ордена "Знак пошани" науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького*

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.026](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.026)

*Анотація.* Дослідження лісівничо-таксаційних показників соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу проведено за матеріалами лісовпорядкування. Проаналізовано розподіл соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах регіону за місцем розташування, походженням, типами лісу, групами й класами віку, класами бонітету та відносними повнотами. Для соснових насаджень у межах лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина лісів зелених зон) розраховано показники використання лісорослинного потенціалу модальними сосняками порівняно з еталонними деревостанами. Встановлено, що соснові насадження в рекреаційно-оздоровчих лісах регіону ростуть на площі понад 83 тис. га. За площею суттєво переважають соснові насадження штучного

Мусієнко С. І., Лук'янець В. А., Румянцев М. Г., Тарнопільська О. М., Кобець О. В., Бондаренко В. В.

походження, частка яких становить 93,6 % від загальної площі, решту площі (6,4 %) – займають сосняки природного походження.

Виявлено переважання соснових насаджень у межах зелених зон навколо населених пунктів. Їхня частка становить 76,1 % від загальної площі, в тому числі лісогосподарської зони – 59,7 %, лісопаркової – 16,4 %. Найбільша площа досліджуваних соснових насаджень (37 % від загальної площі) зосереджена в умовах свіжого дубово-соснового субору. Суттєво за площею та запасом переважають середньовікові насадження, частка яких становить 59,3 % від загальної площі та 70,5 % від загального їх запасу. Відмічено суттєве переважання за площею сосняків, що ростуть за I (39,2 %) і II (31,1 %) класами бонітету та характеризуються відносною повнотою 0,7–0,8 (73,5 %). Показник використання лісорослинного потенціалу модальними сосняками у межах лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина) порівняно з еталонними деревостанами є відносно невисоким і становить 63 %.

**Ключові слова:** категорія лісів; походження насаджень; таксаційні показники; модальні насадження; еталонні насадження

**Актуальність.** Рекреаційно-оздоровчі ліси виконують рекреаційні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції, їх використовують для туризму, занять спортом, санаторно-курортного лікування та відпочинку населення (Парпан та ін., 2021; «Про затвердження порядку», 2007). Соснові ліси, зокрема і в Лівобережному Степу, крім важливих еколого-захисних, виконують також і рекреаційно-оздоровчі функції (Мусієнко та ін., 2021). У регіоні досліджень соснові насадження в рекреаційно-оздоровчих лісах ростуть на доволі значній площі – 83,1 тис. га, з яких 59,7 % припадає на лісогосподарську частину лісів зелених зон, де згідно з чинною нормативною базою дозволено проводити рубки головного користування. Оскільки Україна належить до лісодифіцитних держав

ми вважаємо, що рекреаційно-оздоровчі насадження повинні також використовуватися для забезпечення національного господарства України лісопродукцією з врахування їх головного призначення. Тому дослідження лісівничо-таксаційних показників соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу та використання лісорослинного потенціалу у лісогосподарській частині лісів зелених зон є актуальним завданням.

Більшість рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу є тимчасово окупованими, або знищеними війною. Після закінчення бойових дій ми плануємо провести детальні дослідження на цих територіях. Та порівняти стан цих насаджень до війни та після її закінчення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вивченню ландшафтно-рекреаційних показників рекреаційно-оздоровчих лісів та особливостей надання ними різноманітних екосистемних послуг присвячено доволі велику кількість наукових праць в європейських країнах і країнах Північної Америки (Gerstenberg, et al, 2020; Getzner, & Meyerhoff, 2020; Hansen, et al, 2017; Pintilii, 2022; Sanchez-Badini, & Innes, 2019). В Україні дослідження в рекреаційно-оздоровчих лісах у Івано-Франківській області проводили Т. В. Парпан ін. (Парпан та ін., 2021), Н. Ф. Приходько та ін. (Приходько та ін., 2022), у Тернопільській області – О. Бондар та Н. Цицюра (Bondar, & Tsytsiura, 2021), у Житомирській області – І. Сірук та Ю. Сірук (Siruk, I., & Siruk, Yu, 2023), а у Волинській області Т. С. Павловська та ін. (Павловська, 2021). На Лівобережжі України були проведені попередні власні дослідження (Мусієнко та ін., 2020; Мусієнко та ін., 2022). Проте, всі зазначені роботи були присвячені переважно вивченню стану та потенціалу цих лісів для надання ними соціальних послуг населенню (туризм, заняття спортом, санаторно-курортне лікування та відпочинок). Дослідженням стану та продуктивності насаджень цієї категорії приділено недостатньо уваги.

**Мета дослідження** – проаналізувати поширення соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу (за їх розміщенням), їх лісівничо-таксаційні показники і визначити рівень використання лісорослинного потенціалу в межах зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина).

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження динаміки лісівничо-таксаційних показників і продуктивності соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу проведено за матеріалами лісовпорядкування – за повидільною таксаційною базою даних «Лісовий фонд України» актуалізовано ВО «Укрдержліспроєкт» (станом на 2017 р.). За основу цієї бази були взяті матеріали станом 2011 р. Цю інформацію було отримано за запитом від ВО «Укрдержліспроєкту» для виконання науково-дослідних робіт за госпдоговірною тематикою.

Загалом було проаналізовано понад 24 тис. таксаційних виділів соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу. Досліджувані лісові ділянки перебувають у постійному користуванні ДП «Ліси України» та Державного агентства лісових ресурсів України.

До Лівобережного Степу України, згідно з комплексним лісогосподарським районуванням

(Генсирук и др., 1981), віднесені Дніпропетровська (лівобережна частина), Донецька, Запорізька (лівобережна частина), Луганська, південні частини Харківської та Херсонської (лівобережна частина) областей.

Поширення та лісівничо-таксаційну характеристику соснових насаджень вивчали на основі розподілу їх площі та запасу за походженням у розрізі розміщення лісових ділянок у рекреаційно-оздоровчих лісах, за типами лісу, групами віку, класами бонітету та відносною повнотою.

Лісівничо-таксаційні показники досліджуваних соснових насаджень

$$ВЛП = M_{\text{мод.}} * (M_{\text{етал.}}^{-1}) * 100 \%, \quad (1)$$

де:  $M_{\text{мод.}}$  – запас модальних соснових насаджень,  $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ ;

$M_{\text{етал.}}$  – запас еталонних соснових насаджень,  $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ .

До еталонних соснових насаджень відносили ділянки високоповнотних (відносна повнота 0,8 і вище) і високобонітетних (клас бонітету I і вище) насаджень відповідних класів віку з участю сосни у складі насаджень 8 одиниць і більше. Різниця між продуктивністю модальних і еталонних насаджень вказує на резерв підвищення загальної продуктивності соснових насаджень у межах зелених зон навколо населених пунктів (лісгосподарська частина) регіону досліджень.

встановлювали шляхом групування ділянок за десятирічними класами віку. Для кожного класу віку визначали площу та загальний запас, запас на одному гектарі, середні діаметр і висоту, участь сосни в складі насаджень, відносну повноту та клас бонітету.

Кількісне оцінювання ефективності використання лісорослинного потенціалу (ВЛП) сосновими насадженнями в межах зелених зон навколо населених пунктів (лісгосподарська частина) проведено шляхом порівняння запасів модальних і еталонних насаджень в межах кожного класу віку за формулою [9]:

**Результати дослідження та їх обговорення.** Соснові насадження в рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу займають площу понад 83 тис. га. Серед досліджуваних соснових лісів переважають насадження штучного походження, частка площі яких становить 93,6 % від загальної. Запас цих деревостанів становить 17,7 млн  $\text{м}^3$ . Відповідно, частка природних соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах регіону становить 6,4 % від загальної площі із запасом 1,3 млн  $\text{м}^3$  (табл. 1).

Переважають соснові насадження у межах зелених зон навколо населених пунктів. Частка їхньої площі становить 76,1 % від загальної, в тому числі

лісогосподарської зони – 59,7 %, а лісопаркової – 16,4 %. За даними Т. В. Парпана та ін. (Парпана та ін, 2021) у Івано-Франківській області на трьох постійних дослідних об'єктах на лісогосподарську та лісопаркову частини лісів зелених зон навколо населених пунктів припадало відповідно 70 і 20 %. Частка площі

соснових насаджень, що належать до лісових ділянок у межах міст, селищ та інших населених пунктів є найменшою – 2,9 %. У всіх категоріях рекреаційно-оздоровчих лісів (за місцем їх розташування) за площею суттєво переважають штучні соснові насадження – 92,9–95,8 %.

### 1. Розподіл площі та запасу соснових насаджень в рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за походженням у розрізі розміщення лісових ділянок

Походження соснових насаджень	Площа		Запас		
	га	%	тис. м <sup>3</sup>	%	на 1 га, м <sup>3</sup>
Лісові ділянки у межах міст, селищ та інших населених пунктів					
Природне	99,5	4,2	18,4	5,0	182
Штучне	2291,8	95,8	352,9	95,0	154
Разом	2391,3	100	371,3	100	155
Лісові ділянки у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів					
Природне	801,9	4,6	194,4	4,8	242
Штучне	16663,4	95,4	3865,3	95,2	231
Разом	17465,3	100	4059,7	100	232
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина)					
Природне	871,3	6,4	235,3	8,3	270
Штучне	12787,5	93,6	2607,8	91,7	204
Разом	13658,8	100	2843,1	100	208
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина)					
Природне	3529,9	7,1	841,9	7,2	239
Штучне	46042,4	92,9	10898,0	92,8	237
Разом	49572,3	100	11739,9	100	237
Разом за всіма лісовими ділянками рекреаційно-оздоровчих лісів					
Природне	5302,6	6,4	1290,0	6,8	243
Штучне	77785,1	93,6	17724,0	93,2	227
Разом	83087,7	100	19014,0	100	229

Соснові насадження в рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за типами лісу розподіляються наступним чином. Із 41 типу лісу, в яких представлені соснові насадження, найбільші частки займають сосняки, що ростуть в

умовах свіжого дубово-соснового субору (37,0 %), свіжого соснового бору (29,0 %), сухого соснового бору (12,5 %) та сухого дубово-соснового субору (9,5 %). Частка площі ділянок інших типів лісу становить 12,0 % (табл. 2).

## 2. Розподіл соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за типами лісу

Тип лісу		Площа	
Індекс	назва	га	%
$A_1-C$	Сухий сосновий бір	10400,1	12,5
$A_2-C$	Свіжий сосновий бір	24161,5	29,0
$B_1-\partial C$	Сухий дубово-сосновий суббір	7914,1	9,5
$B_2-\partial C$	Свіжий дубово-сосновий суббір	30759,9	37,0
Інші типи лісу		9852,1	12,0
Разом		83087,7	100

Одним із найважливіших показників лісового фонду під час оцінювання лісових ресурсів є структура насаджень за віком. Вона дає уявлення щодо розподілу у межах груп віку площі лісів і запасів деревини. У рекреаційно-оздоровчих лісах регіону як за площею (59,3 %), так і за запасом (70,5 %) переважають середньовікові соснові насадження. Частка соснових молодняків становить 28,9 %, пристиглих – 10,4 %, стиглих і перестійних насаджень – 1,4 %. Найбільший запас ( $358 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ ) відмічено в пристиглих насадженнях (табл. 3). Оптимальний розподіл за групами віку соснових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Степу: молодняки 22,6%,

середньовікові 48,1%, пристиглі 15,1%, стиглі та перестійні 14,1%.

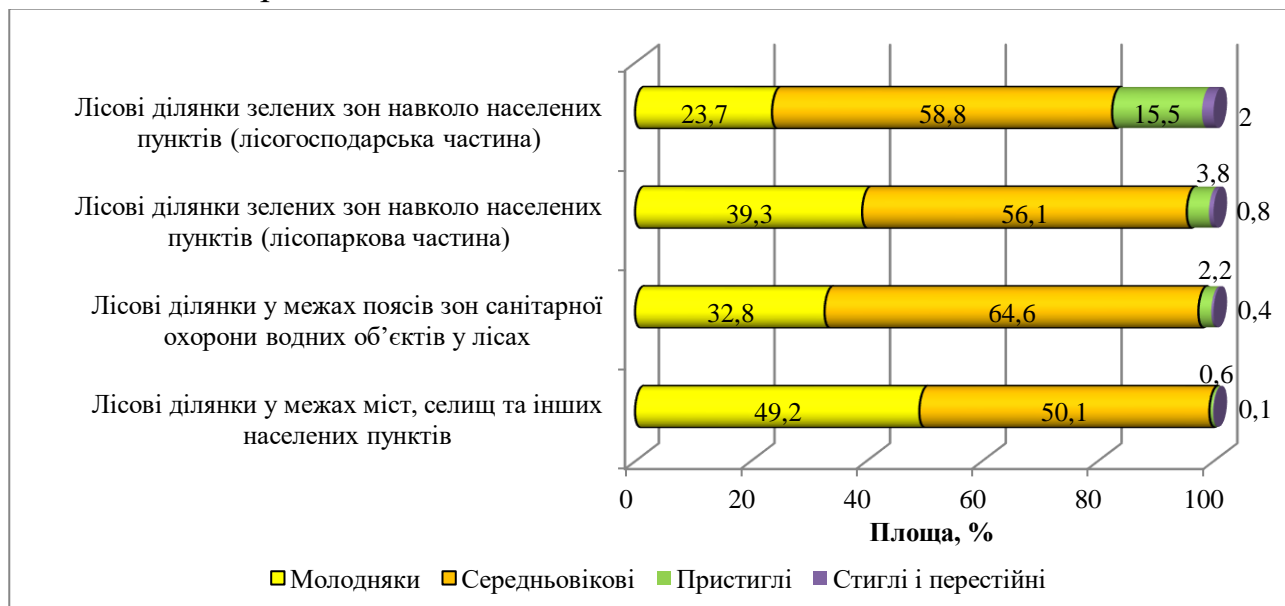
Отже, вікова структура соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережного Степу є розбалансованою із переважанням за площею середньовікових насаджень. Інші дослідники також відмічають переважання серед рекреаційно-оздоровчих лісів середньовікових насаджень. Зокрема, за даними О. Bondar & N. Tsytsiura (Bondar, & Tsytsiura 2021), у рекреаційно-оздоровчих лісах Кременецького району Тернопільської області частка таких насаджень становить 57,9 %, а в Івано-Франківській області, за даними Т. В. Парпана та ін. (Парпана та ін., 2021) – 59 % від загальної площі.

## 3. Розподіл площі та запасу соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за групами віку

Групи віку соснових насаджень	Площа		Запас		
	га	%	тис. $\text{м}^3$	%	на 1 га, $\text{м}^3$
Молодняки	24033,6	28,9	2187,6	11,5	91
Середньовікові	49287,9	59,3	13406,9	70,5	272
Пристиглі	8625	10,4	3090,4	16,3	358
Стигли і перестійні	1141,2	1,4	329,1	1,7	288
Разом	83087,7	100	19014	100	229

Розподіл соснових насаджень за групами віку в рекреаційно-оздоровчих лісах за їх місцем розташування суттєво відрізняються за часткою молодняків та пристиглих деревостанів. Так, частка площ молодняків у межах міст, селищ та інших населених пунктів є більшою на 51,8 %, порівняно з лісовими

ділянками зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина). Натомість, пристиглі та стиглі і перестійні соснові насадження у межах міст, селищ та інших населених пунктів майже відсутні – 0,6 % та 0,1 % відповідно (рис. 1).



**Рис. 1.** Розподіл площі соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за групами віку в розрізі розміщення лісових ділянок

Продуктивність лісу значною мірою зумовлена класом бонітету та повнотою насаджень. Соснові насадження в рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу ростуть переважно за I і

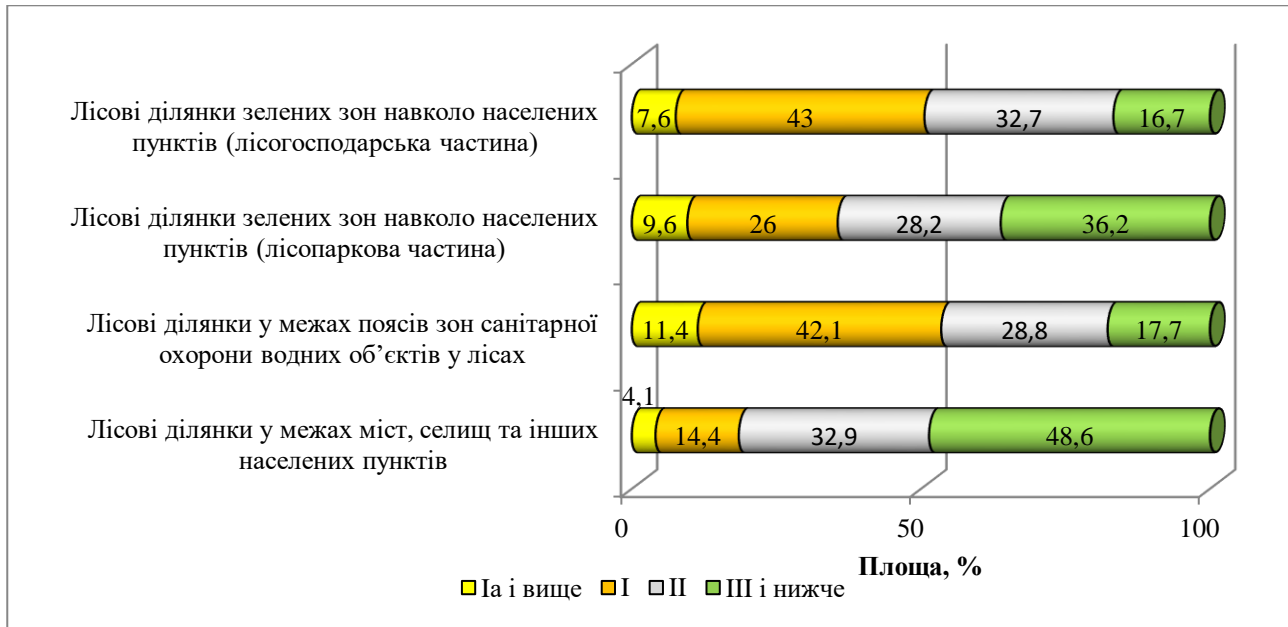
II класом бонітету – відповідно 39,2 % і 31,1 % від загальної площі. Доволі значною є частка соснових насаджень, що ростуть за III і нижче класами бонітету – 21,1 % (табл. 4).

#### 4. Розподіл площі та запасу соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за класами бонітету

Класи бонітету	Площа		Запас		
	га	%	тис. м <sup>3</sup>	%	на 1 га, м <sup>3</sup>
Ia і вище	7122,1	8,6	2210,9	11,6	310
I	32594,5	39,2	8932,4	47	274
II	25878,5	31,1	5716,6	30,1	221
III і нижче	17492,6	21,1	2154,1	11,3	123
Разом	83087,7	100	19014	100	229

Розподіл соснових насаджень за класами бонітету в межах різних рекреаційно-оздоровчих лісів (за їх місцем розташування) суттєво відрізняються сосняки у межах міст, селищ та інших населених пунктів, де частка насаджень, що ростуть за І класом бонітету, є найменшою (4,1%), а частка насаджень, що ростуть за III класом бонітету – найбільшою (48,6%), порівняно з іншими лісовими ділянками. Проте площа цих насаджень в регіоні

досліджень є незначною і становить лише 2,9%. Також суттєво відрізняються соснові насадження лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів лісопаркова частина з лісогощарською. Так, частка насаджень, що ростуть за І класом бонітету в лісопарковій частині менше на 39,5%, а частка насаджень, що ростуть за III класом бонітету більша на 53,9%, порівняно з лісогощарською частиною (рис. 2).



**Рис. 2.** Розподіл площі соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за класами бонітету в розрізі розміщення лісових ділянок

Продуктивність і стійкість лісів, а також якість деревини тісно пов'язані з повнотою насаджень. У рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за площею переважають соснові насадження з відносною повнотою 0,7–0,8, частка

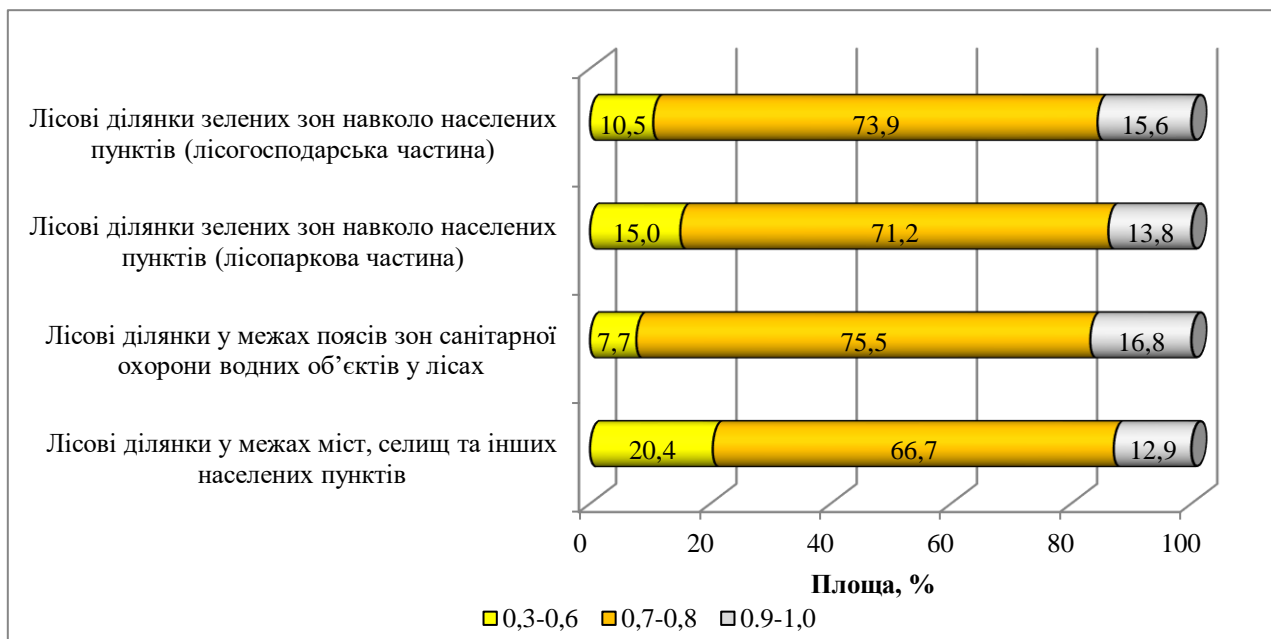
яких становить 73,5% від загальної площі. Частка насаджень повнотою 0,9–1,0 становить 15,6%, а повнотою 0,3–0,6 – 10,9%. Розподіл запасів соснових насаджень за повнотою є приблизно таким самим, як і за площею (табл. 5).

## 5. Розподіл площі та запасу соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за повнотою

Відносна повнота соснових насаджень	Площа		Запас		
	га	%	тис. м <sup>3</sup>	%	на 1 га, м <sup>3</sup>
0,3–0,6	9082,3	10,9	1232,9	6,5	136
0,7–0,8	61117	73,5	14540,5	76,5	238
0,9–1,0	12888,4	15,6	3240,6	17	251
Разом	83087,7	100	19014	100	229

Така ж тенденція характерна і в розрізі розміщення лісових ділянок, проте з деякими відхиленнями. Так, зокрема, частка насаджень повнотою 0,3–0,6 становить 7,7–20,4 %, повнотою 0,7–0,8 – 66,7–75,5 %, повнотою 0,9–1,0 – 12,9–16,8 % від загальної площі соснових насаджень

залежно від їх розташування (рис. 3). Слід відзначити доволі суттєву частку соснових лісів, що розташовані в межах міст, селищ та інших населених пунктів із повнотою 0,3–0,6 (20,4 %). Це можна пояснити впливом рекреації на повноту насадження.



**Рис. 3.** Розподіл площі соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за відносною повнотою в розрізі розміщення лісових ділянок

Аналіз динаміки середньої повноти соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу (табл. 6) свідчить, що, починаючи із VII класу

віку, відбувається поступове її зниження.

У Лівобережному Степу суттєво переважають насадження IV–VIII класів віку, частка площі яких

Мусієнко С. І., Лук'янець В. А., Румянцев М. Г., Тарнопільська О. М., Кобець О. В., Бондаренко В. В.

становить 75,1 % (62357,7 га) від загальної. Більшість соснових насаджень у межах лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина) також належать до IV–VIII класів віку; частка їх площі становить 77,2 % від загальної. У соснових насадженнях лісових ділянок у межах міст, селищ та інших населених пунктів переважають деревостани III–

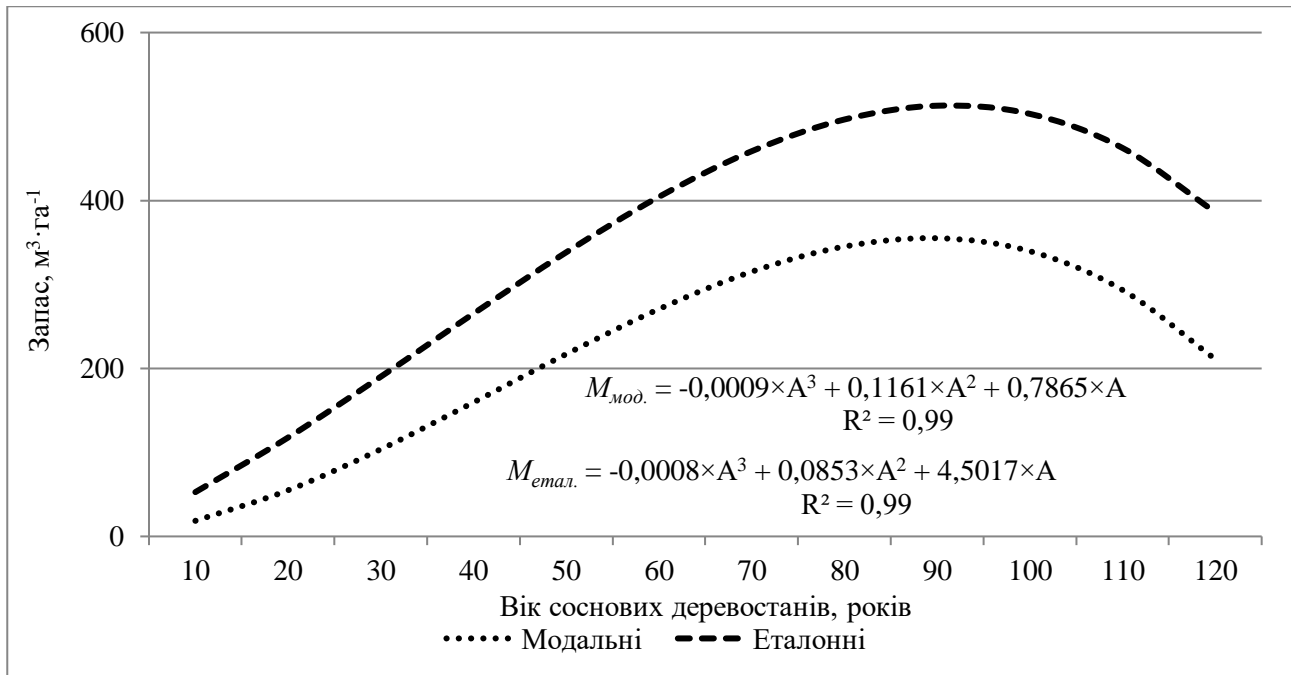
VI класів віку, у межах лісових ділянок поясів зон санітарної охорони водних об'єктів – деревостани III–VIII класів віку, а в межах лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина) – деревостани III–VII класів віку. Частка їх площі становить відповідно 83,7 %, 83,8 %, 78,2 % від загальної площі.

#### 6. Основні таксаційні показники соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу за класами віку

Класи віку	Площа, га	Запас		Середні таксаційні показники насаджень				
		тис. м <sup>3</sup>	на 1 га, м <sup>3</sup>	участь в складі, од.	діаметр, см	висота, м	повнота	клас бонітету
I	3532,0	36,3	10	9,7	2,2	2,3	0,67	I,7
II	5065,9	187,8	37	9,3	7,4	4,9	0,69	II,0
III	6916,3	632,2	91	9,5	11,9	7,8	0,75	III,7
IV	8519,4	1331,0	156	9,5	16,0	11,6	0,76	IV,4
V	19449,7	4641,3	239	9,8	19,5	16,2	0,78	V,8
VI	17389,2	4630,8	266	9,8	21,0	18,2	0,78	VI,9
VII	7674,9	2434,5	317	9,7	24,4	20,9	0,75	VII,6
VIII	9324,5	3345,5	359	9,7	27,7	22,9	0,73	VIII,5
IX	3071,6	1086,8	354	9,4	32,6	23,9	0,68	IX,8
X	1547,4	538,5	348	9,5	35,9	24,5	0,63	X,0
XI	236,2	68,4	290	8,8	39,4	24,2	0,57	XI,4
XII	106,7	24,4	229	9,2	40,1	23,1	0,53	XII,9
XIII	131,2	27,8	211	9,2	42,9	23,0	0,47	XIII,0
XIV	100,4	23,8	237	9,8	43,5	25,0	0,45	XIV,6
XV	2,9	0,5	172	10,0	42,3	22,9	0,41	XV,3
XVI	15,7	3,6	229	9,4	51,9	25,4	0,45	XVI,0
XVII	3,7	0,8	216	10,0	48,8	25,5	0,38	XVII,8
Разом	83087,7	19014,0	229	9,7	19,6	15,7	0,75	II,0

Враховуючи, що в лісогосподарській частині лісів зелених зон дозволено є проведення всіх видів рубок, було також визначено показники використання ними лісорослинного потенціалу

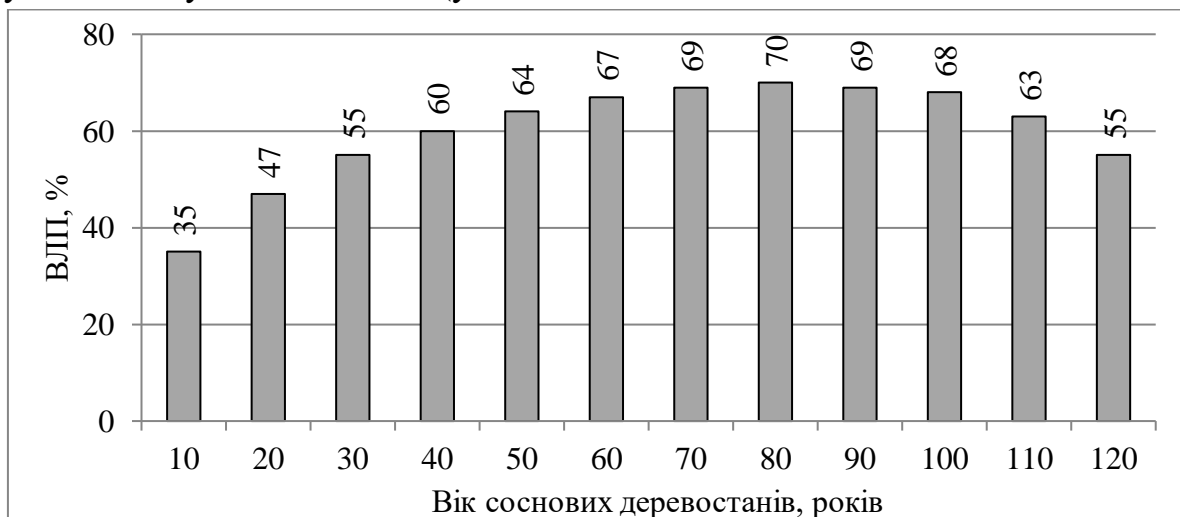
(ВЛП). Модальні соснові насадження поступаються еталонним у всіх класах віку. Так, різниця між запасами у віці 100 років становить 32 % (рис. 4).



**Рис. 4.** Динаміка запасів модальних (Мод.) і еталонних (Метал.) соснових насаджень у межах лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів (лісгосподарська частина) рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережного Степу

Показники ВЛП поступово зростають від 35 % (у віці 10 років) до 70 % (у віці 80 років), а потім поступово знижуються до 55 % (у віці

120 років). Середньозважене значення показника ВЛП є порівняно невисоким і становить 63 % (рис. 5).



**Рис. 5.** Показники використання лісорослинного потенціалу модальними сосновими насадженнями в межах лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів (лісгосподарська частина) рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережного Степу

Втрати деревини внаслідок такого ступеня використання родючості земель оцінено в 6894,9 тис. м<sup>3</sup>. Для порівняння за даними В. П. Ткача та ін. (Ткач, Кобець, Румянцев, 2018) середній показник використання лісорослинного потенціалу сосновими насадженнями Лівобережного Степу у всіх категоріях лісів є вищим і становить 72 %.

### Висновки і перспективи.

У рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу переважають соснові насадження у межах зелених зон навколо населених пунктів. Їхня частка становить 76,1 % від загальної площі, в тому числі лісогосподарської зони – 59,7 %, лісопаркової – 16,4 %. За походження суттєво (93,6 %) переважають штучні сосняки. Найбільша їх площа (37 %) зосереджена в умовах свіжого дубово-соснового субору. Вікова структура досліджуваних соснових насаджень є розбалансованою із переважанням середньовікових насаджень як за площею (59,3 %), так і за запасом (70,5 %). За площею суттєво переважають соснові насадження з відносною повнотою 0,7–0,8 (73,5 %), які ростуть за І і II

### Список використаних джерел

1. Генсирук С.А., Шевченко С.В., Бондарь В.С и др. Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдовы. Киев: Наукова думка. 1981. 300 с.
2. Мусієнко С. І., Лук'янець В. А., Бондаренко В. В., Румянцев М. Г., Кобець

класами бонітету (70,3 %). Це свідчить, що умови регіону дослідження є сприятливими для успішного росту й розвитку соснових лісів. Показник відносної повноти в досліджуваних соснових насадженнях зменшується після досягнення ними 70-річного віку незалежно від їх розташування, що пов'язано зі значним рекреаційним навантаженням на них.

Показник використання лісорослинного потенціалу модальними сосняками у межах лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина) порівняно з еталонними деревостанами є відносно невисоким (63 %). Втрати деревини внаслідок невисокого ступеня використання родючості земель оцінено в 6894,9 тис. м<sup>3</sup>, або в середньому 83 м<sup>3</sup> в перерахунку на 1 гектар соснових рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережного Степу.

Після закінчення бойових дій ми плануємо провести детальні дослідження у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу. Та порівняти стан цих насаджень до війни та після її закінчення.

О. В. Типологічне різноманіття рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України. Науковий вісник НЛТУ України. 2020, т. 30, № 5 С. 31–35

3. Мусієнко С. І., Румянцев М. Г., Лук'янець В. А., Тарнопільська О. М., Бондаренко В. В., Ющик В. С. Стан і продуктивність соснових насаджень

Мусієнко С. І., Лук'янець В. А., Румянцев М. Г., Тарнопільська О. М., Кобець О. В., Бондаренко В. В.

Лісостепової частини Харківщини. Науковий вісник НЛТУ України. 2021, т. 31, № 6. С. 41–47.

4. Мусієнко С. І., Тарнопільська О. М., Бондаренко В. В., Лук'янець В. А., Кобець О. В., Костяшкіна Т. Д. Ландшафтно-рекреаційна оцінка рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України. Лісівництво і агролісомеліорація. 2022. Вип. 141. С. 13–22.

5. Павловська Т. С., Білецький Ю. В., Рудик О. В., Самолук І. В. Рекреаційно-оздоровчі ліси ДП «Любомльське ДП». Географія і туризм. 2019. Вип. 47. С. 137–148.

6. Парпан Т. В., Голубчак О. І., Гудима В. М., Приходько Н. Ф., Фалько Р. І., Кириленко Я. О. Характеристика рекреаційно-оздоровчих лісів Івано-Франківщини та оцінювання їх потенціалу на постійних дослідних об'єктах. Науковий вісник НЛТУ України. 2021, т. 31, № 5. С. 09–16.

7. Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок» від 16 квітня 2007 року № 733. Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text> (дата звернення: 22.12.2023)

8. Приходько Н. Ф., Парпан Т. В., Голубчак О. І., Приходько М. М., Гудима В. М. Радіальні прирости деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Придністровського Передкарпаття (Івано-Франківська область). Науковий вісник НЛТУ України. 2022, т. 32, № 5. С. 42–49.

9. Ткач, В. П., Кобець, О. В., Румянцев, М. Г. Використання лісорослинного потенціалу лісами України. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 3–12.

10. Bondar, O., & Tsytsiura, N. Recreational and health forests of Kremenets district, Ternopil region. Balanced nature management. 2021. 2, 80–87. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2021.237994>

11. Gerstenberg, T., Baumeister, C. F., Schraml, U., & Plieninger, T. Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity. Landscape and Urban Planning. 2020. 203,

103888.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103888>

12. Getzner, M., and Meyerhoff, J. The benefits of local forest recreation in Austria and its dependence on naturalness and quietude. Forests. 2020 11(3), 326. <https://doi.org/10.3390/f11030326>

13. Hansen, M. M., Jones, R., & Tocchini, K. Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2017. 14, 851. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080851>

14. Pintilii, R.-D. Forest Recreation and Landscape Protection. Forests. 2022. 13, 1440. <https://doi.org/10.3390/f13091440>

15. Sanchez-Badini, O., & Innes, J. L. Forests and trees: A public health perspective. Sante publique (Vandoeuvre-les-Nancy, France). 2019. S1(HS), 241–248. <https://doi.org/10.3917/spub.190.0241>

16. Siruk, I., & Siruk, Yu. Recreation characteristics of the green zone forests of the Zhytomyr city. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. 2023. 14(4), 73–87. doi: 10.31548/forest/4.2023.73

## References

1. Gensyruk, S. A., Shevchenko, S. V., Bondar, V. S et al. (1981). Integrated forestry zoning of Ukraine and Moldova. Kyiv: *Naukova dumka*, 300 p. [in Russian].

2 Musienko, S. I., Lukyanets, V. A., Bondarenko, V. V., Rumiantsev, M. H., & Kobets, O. V. (2020). Typological diversity of recreational and health-improving forests in Left-bank Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(5), 31–35. <https://doi.org/10.36930/40300505> [in Ukrainian].

3. Musienko, S. I., Rumiantsev, M. H., Lukyanets, V. A., Tarnopilska, O. M., Bondarenko, V. V., & Yushchyk, V. S. (2021). Condition and productivity of pine plantations in the Forest-steppe part of Kharkiv Region. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(6), 41–47. <https://doi.org/10.36930/40310605> [in Ukrainian].

4. Musienko, S. I., Tarnopilska, O. M., Bondarenko, V. V., Lukyanets, V. A., Kobets, O. V., & Kostyashkina, T. D. (2022). Landscape and recreation evaluation of

Мусієнко С. І., Лук'янець В. А., Румянцев М. Г., Тарнопільська О. М., Кобець О. В., Бондаренко В. В.

recreation and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 141, 13–22.

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.141.2022.13> [in Ukrainian].

5. Pavlovska, T. S., Biletskyi, Yu. V., Rudyk, O. V., & Samoliuk, I. V. (2019). Recreational and health improving forests of the SE «Liuboml FE». *Geography and tourism*, 47, 137–148 [in Ukrainian].

6. Parpan, T. V., Holubchak, O. I., Hudyma, V. M., Prykhodko, N. F., Falko, R. I., & Kyrylenko, Ya. O. (2021). Characteristics of recreation forests of Ivano-Frankivsk region and assessment of their potential at permanent research sites. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(5), 9–16 <https://doi.org/10.36930/40310501> [in Ukrainian].

7. Resolution of the Cabinet of Ministers as of May 16, 2007 N 733 "On approval of the Procedure for division of forests into categories and allocation of specially protected forest areas" (2007) Kyiv. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text> (in Ukrainian)

8. Prykhodko, N. F., Parpan, T. V., Holubchak, O. I., Prykhodko, M. M., & Hudyma, V. M. (2022). Radial growth of forest stands of recreational and health-improving forests of Prydnistrovya Subcarpathian region (Ivano-Frankivsk region). *Scientific Bulletin of UNFU*, 32(5), 42–49. <https://doi.org/10.36930/40320506> [in Ukrainian].

9. Tkach, V. P., Kobets, O. V., & Rumiantsev, M. G. (2018). Use of forest site capacity by forests of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 132, 3–12.

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.132.2018.3> [in Ukrainian].

10. Bondar, O., & Tsytsiura, N. (2021). Recreational and health forests of Kremenets district, Ternopil region. *Balanced nature management*, 2, 80–87.

<https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2021.237994>

11. Gerstenberg, T., Baumeister, C. F., Schraml, U., & Plieninger, T. (2020). Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity. *Landscape and Urban Planning*, 203, 103888. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103888>

12. Getzner, M., and Meyerhoff, J. (2020) The benefits of local forest recreation in Austria and its dependence on naturalness and quietude. *Forests*, 11(3), 326. <https://doi.org/10.3390/f11030326>

13. Hansen, M. M., Jones, R., & Tocchini, K. (2017). Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 14, 851. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080851>

14. Pintilii, R.-D. (2022). Forest Recreation and Landscape Protection. *Forests*, 13, 1440. <https://doi.org/10.3390/f13091440>

15. Sanchez-Badini, O., & Innes, J. L. (2019). Forests and trees: A public health perspective. *Sante publique (Vandoeuvre-les-Nancy, France)*, S1(HS), 241–248. <https://doi.org/10.3917/spub.190.0241>

16. Siruk, I., & Siruk, Yu. (2023). Recreation characteristics of the green zone forests of the Zhytomyr city. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(4), 73–87. doi: 10.31548/forest/4.2023.73.

## FORESTRY AND MENSURATION CHARACTERISTICS OF PINE STANDS IN THE RECREATION AND HEALTH-IMPROVING FORESTS IN THE LEFT BANK STEPPE

S. I. Musienko, V. A. Lukyanets, M. H. Rumiantsev, O. M. Tarnopilska, O. V. Kobets, V. V. Bondarenko

**Abstract.** *The study of forestry and stand mensuration characteristics of pine stands in recreational and health-improving forests of the Left Bank Steppe was conducted based on forest management materials. The distribution of pine stands in the recreational and health-improving forests of the region by location, origin, forest*

*types, age groups and classes, site classes, and relative density of stocking was analyzed. For pine stands within the forest areas of green belt) (sites where forest activities are permitted), indicators of the use of forest potential by modal pines were calculated to compare reference stands. It was found that the pine plantations in the recreational and health-improving forests of the region grow in an area of more than 83 thousand hectares. In terms of area, man-made pine stands significantly dominate, the share of which is 93.6 % of the total area, the rest of the area (6.4%) is occupied by pine forests of natural origin.*

*The predominance of pine stands within green belt was revealed. Their proportion is 76.1 % of the total area, including the forestry zone - 59.7 % and the forest park zone – 16.4 %. The significant area of the investigated pine plantations (37% of the total area) is located in the conditions of a fresh oak-pine (mixed) forest on transitional, relatively poor soils (subor in Ukrainian). The most part of forest is middle-aged stands (59.3 % of the total forest area and 70.5 % of the total stock of wood). Moreover, pine forest of I (39,2 %) and II (31,1 %) site classes and 0.7–0.8 density dominated (73.5 %). The rate of utilization of the forest potential by modal pines within forest areas of green belt compared reference stands is relatively low and reaches 63 %.*

**Keywords:** *forest category; the origin of the stands; forest indicators; modal stands; reference plantations*

**How to Cite:** Musienko, S., Lukyanets, V., Rumiantsev, M., Tarnopilska, O., Kobets, O., & Bondarenko, V. (2024). Forestry and mensuration characteristics of pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left Bank Steppe. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.026](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.026)

УДК 621.873

**ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСТОТНО-КЕРОВАНОГО ПУСКУ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВІЗОК-ВАНТАЖ» МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ ВІЛЬОТУ БАШТОВОГО КРАНА****Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, доктор технічних наук, професор, професор,<https://orcid.org/0000-0001-5069-5929>

E-mail: romasevichyuriy@ukr.net

**В. С. ЛОВЕЙКІН**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри,<https://orcid.org/0000-0003-4259-3900>

E-mail: lovvs@ukr.net

**О. В. СТЕХНО**, доктор філософії, асистент,<https://orcid.org/0000-0002-7285-6508>

E-mail: alexeystekhno1992@ukr.net

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.018](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.018)

**Анотація.** У науковій статті вирішена науково-прикладна задача, яка дозволяє мінімізувати динамічні та енергетичні показники частотно-керованого приводу динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту баштового крана під час перехідного режиму пуску.

Для вирішення цієї задачі було використано існуючу математичну модель зміни вильоту вантажу, яка доповнена математичною моделлю руху асинхронного електроприводу у часі. В якості параметрів налаштування частотно-керованого приводу використані: тривалість наростання частоти напруги живлення, початкова напруга живлення електродвигуна та тип характеристики наростання, до номінального значення, частоти напруги живлення.

У якості критеріїв оптимізації використані максимальні значення крутного моменту у пружній муфті, зусилля у тяговому канаті та потужність у електроприводі. Використовуючи модифікований метод оптимізації RING-ROT-PSO, встановлено раціональні значення наведених параметрів та типу характеристики, при яких спостерігається мінімізація досліджуваних критеріїв. Виконано порівняльний аналіз розбіжностей при варіюванні різними типами характеристик, який засвідчив адекватність проведеної параметричної оптимізації.

Виконано параметричну оптимізацію частотно-керованого електроприводу, яка дозволила мінімізувати величину небажаних динамічних (крутний момент у пружній муфті та зусилля у тяговому канаті приводу вантажного візка) та енергетичних (потужність у приводі) характеристик динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту баштового крана. Для проведення оптимізації використано модифікований метод ройових часточок (RING-ROT-PSO). Встановлено, що мінімальні значення динамічних

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

критеріїв при використанні оптимальних характеристик (лінійної та  $2S$ -подібної) у діапазоні 6.9...27.9 % є меншими ніж при використанні не оптимальних ( $U$ -подібної та  $S$ -подібної) характеристик. Мінімальне значення енергетичного критерію при використанні  $U$ -подібної характеристики на 30.4 % є меншим ніж при  $S$ -подібній. Тому для мінімізації величини небажаних динамічних показників при частотно-керованому пуску динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту бажано використовувати лінійну та  $2S$ -подібну характеристики, а для мінімізації величини небажаного енергетичного показника  $U$ -подібну. При цьому необхідно також раціонально встановлювати параметри  $t_1$  та  $U_0$ .

**Ключові слова:** баштовий кран, динамічна система «візок-вантаж», механізм зміни вильоту, параметрична оптимізація, критерії оптимізації, метод RING-ROT-PSO, MISO-функція

**Актуальність.** Надійність та ефективність експлуатації при роботі динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту баштового крана є однією із ключових проблем під час будівництва (відбудови) будівельних споруд різного типу й складності.

Покращити величину вказаних вище показників, можна за рахунок мінімізації величини небажаних динамічних та енергетичних навантажень. Для вирішення цієї проблеми необхідно провести параметричну оптимізацію частотно-керованого електроприводу досліджуваної динамічної системи.

**Актуальною проблемою** на сьогоднішній день є питання підвищення продуктивності та надійності при роботі вантажопідіймальних кранів.

Зокрема авторами статті (Li, et all, 2023), виконано розробку методу, який дозволяє максимізувати продуктивність крана шляхом

планування його оптимальної траєкторії руху. Для створення моделі механізму підйому вантажу використано рівняння Лагранжа. На основі моделі розроблено метод планування траєкторії руху вантажу на гнучкому підвісі.

У праці (Montonen, et all, 2022) пропонується зменшувати амплітуду коливання вантажу, закріпленого на гнучкому підвісі, за рахунок регулювання кута повороту баштового крана. Автори приділяють увагу двом підходам при керуванні системою із відкритим контуром на основі формування сигналу керування і закритим контуром керування кутом повороту на основі величини відхилення закріпленого вантажу.

У роботі (Nazarenko, et all, L. 2021) запропоновано покращувати умови праці кранівника за допомогою розробленої системи керування коливаннями вантажу. В основу системи входить визначення кута

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

відхилення від вертикалі гнучкого підвісу вантажу за допомогою інерційного вимірювального блоку. Робота системи керування є можливою лише тоді, коли відомо в реальному часі положення вантажу на гнучкому підвісі.

У статті (Rogovskii, 2021) наведено оптимальне керування механізмом повороту крана стрілового типу за критерієм швидкодії. Для виконання теоретичних досліджень приймалася нелінійна математична модель руху крана у часі в якій змінним параметром була використана довжина гнучкого підвісу вантажу.

У праці (Qian, Fang, Lu, 2017) дослідниками представлено систему нелінійного керування стріловим краном за допомогою контролера із функцією зворотнього зв'язку. Дана система керування має можливість мінімізувати розгойдування вантажу, але не враховує силу вітрових поривів.

У статті (He, et all, 2018) дослідниками представлено математичну модель лебідки механізму підйому вантажу стрілового крана, яка дозволяє здійснювати рекуперацію електричної енергії. Основна увага приділяється величині втрат енергії у двигуні при перехідних процесах руху. Виконано підтвердження теоретичних розрахунків за допомогою експериментальних досліджень.

У праці (Sun, et all, 2018) пропонується виконувати швидке та точне позиціонування вантажу на гнучкому підвісі для стрілового крана із мінімізацією енергетичних втрат у приводі.

При проведенні теоретичних досліджень використано метод лінійної алгебри, а математична модель описується рівняннями подвійного математичного маятника.

У роботі (Ho, et all, 2019) автори пропонують використовувати алгоритм оптимального керування механізмом вантажопідіймального крана, що дає можливість мінімізувати затрачену електричну енергію.

Робота алгоритму здійснюється за рахунок вимкнення кінематичного зв'язку між двигуном та візком через встановлення електромеханічної муфти у приводі. А це в свою чергу, вимагає додаткових змін до конструкції, що не завжди є бажаним.

У статті (Rams, Schöberl, & Schlacher, 2017) представлено метод здійснення керування механізмами щоглового крана по оптимальній траєкторії за енергоефективністю. Пропонована оптимальна траєкторія не значно мінімізує небажані енергетичні навантаження, а її практична реалізація супроводжується значними коливаннями системи.

У статті (Loveikin, Romasevych, Kadykalo, 2023), використовуючи модифікований алгоритм оптимізації

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

роєм часточок (*ME-PSO*), виконано мінімізацію втрат електроенергії у частотно-керованому електроприводі, під час першого етапу пуску механізму зміни вильоту вантажу баштового крана.

Отримані результати порівняно із результатами при прямого пуску та при пуску за стандартно налаштованими параметрами частотно-керованого електроприводу досліджуваного механізму.

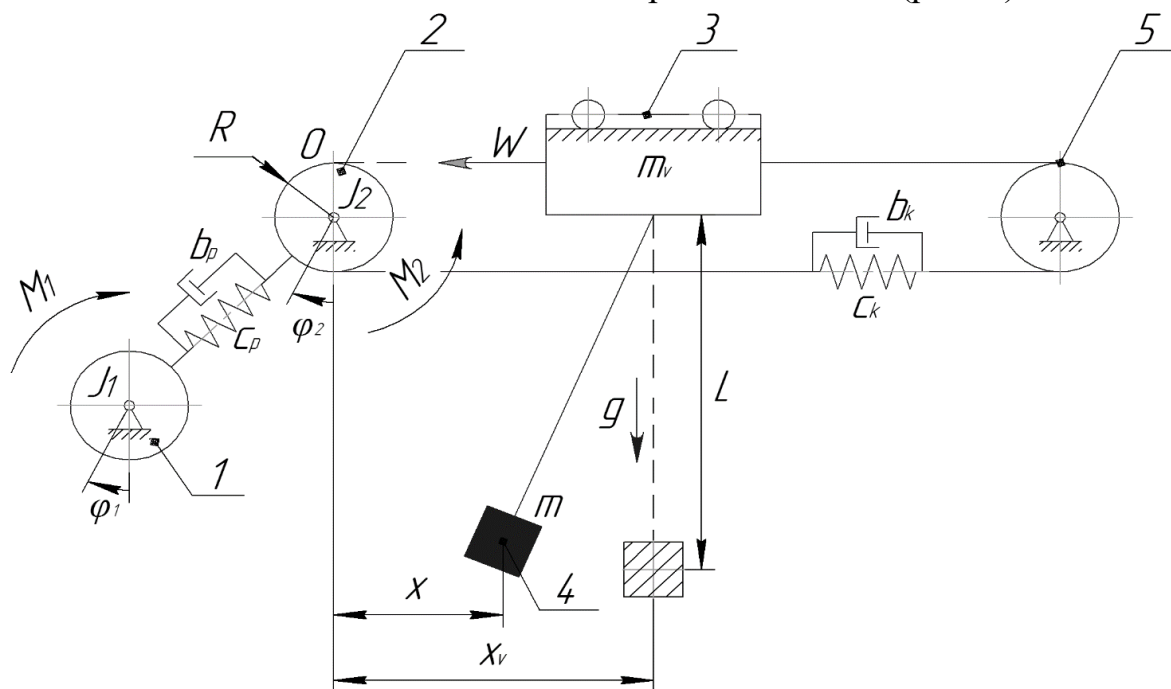
Із аналізу існуючих досліджень видно, що питанням, які присвячені дослідженню оптимальних за динамічними та енергетичними показниками параметрів частотно-керованих приводів вантажопідіймальних кранів приділено не достатньо уваги.

**Мета дослідження.** Мета роботи полягає у дослідженні та мінімізації небажаних динамічних та

енергетичних показників динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту баштового крана під час перехідного режиму пуску. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) здійснити постановку задач оптимізації;
- 2) провести мінімізацію оптимізаційних критеріїв;
- 3) виконати аналіз отриманих результатів.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Для виконання досліджень використаємо існуючу чотиримасову динамічну модель руху системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту баштового крана (Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2018; Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2017; Grigorov, et all, 2018), яку представлено на (рис. 1).



**Рис. 1. Розрахункова чотиримасова модель динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту баштового крана**

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

На рисунку 1, використано наступні позначення:

1 – електродвигун приводу канатного барабану;

2 – канатний барабан приводу вантажного візка;

3 – вантажний візок;

4 – вантаж, що закріплений на гнучкому підвісі;

5 – канатний блок;

$M_1$  – зведений до канатного барабану рушійний момент приводу електродвигуна;

$M_2$  – зведений момент опору на приводному барабані, який є змінною величиною;

$R$  – радіус канатного барабану;

$W$  – зведена сила статичного опору переміщення вантажного візка, що є змінною величиною;

$J_1$  та  $J_2$  – зведені до канатного барабану моменти інерції, що обертаються із кутовою швидкістю двигуна та канатного барабана відповідно;

$L$  – довжина гнучкого підвісу закріпленого вантажу;

$m_v$  та  $m$  – зведені маси вантажного візка та вантажу відповідно;

$c_p$ ,  $c_k$  – відповідно зведені коефіцієнти жорсткості приводу канатного барабана і тягового канату;

$b_p$ ,  $b_k$  – зведені коефіцієнти демпфування приводів канатного барабану та канату вантажного візка відповідно;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$\varphi_1$  та  $\varphi_2$  – зведені узагальнені кутові координати повороту ротора електродвигуна та канатного барабану відповідно;

$x_v$ ,  $x$  – зведені узагальнені лінійні координати переміщення центрів мас вантажного візка та вантажу відповідно (Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2018; Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2017).

В динамічній моделі (рис. 1), прийнято наступні припущення:

1) величиною моменту інерції канатного блока 5 нехтуємо;

2) закріплений на гнучкому підвісі вантаж виконує маятникові коливання;

3) величиною слабину тягового каната нехтуємо;

4) вітрові навантаження зведено до величини  $W$  (сила статичного опору переміщення візка);

5) розглядається плоска задача (всі елементи рухаються у горизонтальній площині);

6) зведені коефіцієнти жорсткості  $c_p$  і  $c_k$  та зведені коефіцієнти дисипації  $b_p$  й  $b_k$ , приймаємо незмінними при перехідних режимах руху досліджуваної системи;

7) усі компоненти системи вважаються абсолютно жорсткими тілами, окрім приводу канатного барабану і тягового канату, які мають відповідні пружно-дисипативні властивості (Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2018; Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2017).

Рух у часі чотиримасової моделі динамічної системи «візок-вантаж» (рис. 1) описується за допомогою системи диференціальних рівнянь, які доповнено рівняннями руху асинхронного електродвигуна. У результаті проведених підстановок отримано узагальнену систему

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{di_{1\alpha}}{dt} = \frac{1}{\delta \cdot L_S} \cdot (u_{1\alpha} - i_{1\alpha} \cdot R_S + k_r \cdot e_{2\alpha}); \\ \frac{di_{1\beta}}{dt} = \frac{1}{\delta \cdot L_S} \cdot (u_{1\beta} - i_{1\beta} \cdot R_S - k_r \cdot e_{2\beta}); \\ \frac{di_{2\alpha}}{dt} = -\frac{1}{\delta \cdot L_R} \cdot ((u_{1\alpha} - i_{1\alpha} \cdot R_S) \cdot k_s + e_{2\alpha}); \\ \frac{di_{2\beta}}{dt} = -\frac{1}{\delta \cdot L_R} \cdot ((u_{1\beta} - i_{1\beta} \cdot R_S) \cdot k_s - e_{2\beta}); \\ \frac{3}{2} \cdot p \cdot L_W \cdot (i_{1\beta} \cdot i_{2\alpha} - i_{1\alpha} \cdot i_{2\beta}) \cdot U_P \cdot \eta_P = J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 + c_p \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + \\ + b_p \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2); \\ M_2 \cdot \text{sign}(\dot{\varphi}_2) + J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 = c_p \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) - b_p \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - c_k \cdot (\varphi_2 \cdot R - x_v) \times \\ \times R - b_k \cdot (\dot{\varphi}_2 \cdot R - \dot{x}_v) \cdot R; \\ W \cdot \text{sign}(\dot{x}_v) + m_v \cdot \ddot{x}_v = c_k \cdot (\varphi_2 \cdot R - x_v) + b_k \cdot (\dot{\varphi}_2 \cdot R - \dot{x}_v) - m \cdot \frac{g}{L} \cdot (x_v - x); \\ \ddot{x} = \frac{g}{L} \cdot (x_v - x), \end{array} \right. \quad (1)$$

де  $i_{1\alpha}$  і  $i_{1\beta}$  – проекції узагальненого вектора струму статора на нерухомі ортогональні координатні осі  $\alpha$  та  $\beta$ ;  $u_{1\alpha}$ , і  $u_{1\beta}$  – проекції узагальненого вектора напруги статора на координатні осі  $\alpha$  й  $\beta$  ( $u_{1\alpha} = U_{MAX} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot \int f dt)$ ,  $u_{1\beta} = U_{MAX} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \int f dt)$ );  $i_{2\alpha}$  та  $i_{2\beta}$  – проекції узагальненого вектора струму ротора на ортогональні осі  $\alpha$  і  $\beta$  відповідно;  $U_{MAX}$  – амплітуда фазної напруги живлення електродвигуна;  $f$  – частота напруги живлення електродвигуна;  $e_{2\beta}$ , та  $e_{2\alpha}$  – ЕРС,

диференціальних рівнянь, що дає змогу описати рух динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту та її асинхронного електродвигуна у часі (Loveikin, Romasevych, Kadykalo, 2023; Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2018; Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2017):

котрі індукуються потокозчепленнями ротора по осях  $\alpha$  та  $\beta$  відповідно ( $e_{2\alpha} = p \cdot \omega_{\delta v} \cdot (L_R \cdot i_{2\beta} + L_W \cdot i_{1\beta}) + i_{2\alpha} \cdot R_R$ ;  $e_{2\beta} = p \cdot \omega_{\delta v} \cdot (L_S \cdot i_{2\alpha} + L_W \cdot i_{1\alpha}) + i_{2\beta} \cdot R_R$ );  $\omega_{dv}$  – кутова швидкість обертання ротора електродвигуна механізму;  $p$  – кількість пар полюсів електричної машини;  $R_S$  – активний опір статорної обмотки;  $R_R$  – зведений до статора активний опір роторної обмотки електродвигуна;  $\delta$  – коефіцієнт розсіювання  $\delta = 1 - (1 + X_1 \cdot (2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_W)^{-1}) \cdot (1 + X_2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_W)^{-1})^{-1}$ ;  $X_1$  – індуктивний опір статорної обмотки;

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

$X_2$  – зведений до статора індуктивний опір роторної обмотки електродвигуна;  $L_S$  і  $L_R$  – індуктивності статорної та роторної обмоток відповідно;  $L_W$  – взаємоіндуктивність;  $k_s$  та  $k_r$  – коефіцієнти магнітного зв'язку статора та ротора відповідно, що визначаються наступним чином:  $k_s=L_W \cdot L_S^{-1}$  і  $k_r=L_W \cdot L_R^{-1}$   $U_P$  – передаточне число приводу механізму зміни вильоту вантажу;  $\eta_P$  – ККД приводу механізму зміни вильоту вантажу (Loveikin, Romasevych, Kadykalo, 2023;

$$\begin{cases} i_{1\alpha}(0) = i_{1\beta}(0) = i_{2\alpha}(0) = i_{2\beta}(0) = 0; \\ \varphi_1(0) = \dot{\varphi}_1(0) = \varphi_2(0) = \dot{\varphi}_2(0) = x_g(0) = \dot{x}_g(0) = x(0) = \dot{x}(0) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Чисельне інтегрування системи диференціальних рівнянь (1), здійснено

Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2018; Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2017; Grigorov, et all, 2018; Ловейкін та ін., 2023).

Початкові умови руху для узагальненої системи диференціальних рівнянь (1) є нульовими (динамічна система знаходиться у стані спокою) та мають наступний вигляд (Loveikin, Romasevych, Kadykalo, 2023; Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2018; Ловейкін, Ромасевич, Стехно, 2017; Grigorov, et all, 2018; Ловейкін та ін., 2023; Ловейкін, & Ромасевич, 2015):

за параметрами, що зведено до таблиці 1.

### 1. Параметри системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту

Параметр	Розмірність	Значення	Параметр	Розмірність	Значення
$M_2$	N	13.4	$m_v$	kg	250
$U_P$	-	29.06	$m$	kg	10000
$R$	m	0.14	$C_p$	N · m/rad	$28.5 \cdot 10^3$
$W$	N	2011	$c_k$	N/m	$3.12 \cdot 10^5$
$J_1$	kg · m <sup>2</sup>	96.2	$b_p$	N · s/rad	27484.3
$J_2$	kg · m <sup>2</sup>	160	$b_k$	N · s/m	17575.2
$L$	m	10	$g$	m · s <sup>2</sup>	9.81
$\eta_P$	-	0.89	$P_{НОМ}$	kW	7.5
$p$	-	3	$\omega_{dv}$	rad/s	97.8

Оскільки керування електроприводом значної кількості сучасних механізмів баштового крана здійснюється за допомогою частотного перетворювача, який володіє великою кількістю опцій налаштувань, тому виконаємо налаштування найбільш суттєвих його параметрів (Loveikin,

Romasevych, Kadykalo, 2023; Ловейкін та ін., 2023).

Для частотно-керованого електроприводу динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту найбільш суттєвими опціями є наступні:

- тривалість наростання частоти напруги живлення до усталеного

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

значення  $t_1$  (знаходиться у межах від 0 до 3600 с) (Loveikin, Romasevych, Kadykalo, 2023; Ловейкін та ін., 2023);

- величина початкової напруги живлення електродвигуна  $U_0$  (від 0 до 380 В) [10, 15];

- тип характеристики наростання частоти напруги живлення  $f$  до відповідного усталеного значення  $f_{UST.}=50$  Гц (Лінійна, S-подібна, 2S-подібна, U-подібна) (Loveikin, Romasevych, Kadykalo, 2023; Ловейкін та ін., 2023).

Для того, щоб електропривод досліджуваної системи на початку

$$U = U_0 + (U_{NOM.} - U_0) \cdot \frac{f}{f_{UST.}}, \quad (3)$$

де  $U_{NOM.}$  номінальна напруга живлення електродвигуна системи (380 В).

Вираз, котрий дозволяє визначити величину

$$M_{MUF.} = f_1(t_1, U_0, f) = \left[ \int_0^{t_1} (c_p \cdot (\varphi_1 - \varphi_2))^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $f_1$  – функція параметрів регулювання;  $t$  – час.

Залежність, яка дозволяє визначити середньоквадратичне

$$F_{KAN.} = f_1(t_1, U_0, f) = \left[ \int_0^{t_1} (c_k \cdot (\varphi_2 \cdot R - x_v))^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Залежність, яка дозволяє встановити середньоквадратичне значення потужності у

$$P = f_1(t_1, U_0, f) = \left[ \int_0^{t_1} (M_1 \cdot \dot{\varphi}_1)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \rightarrow \min. \quad (6)$$

пуску подолав сили статичного опору, необхідно забезпечити потрібну перевантажувальну здатність електроприводу, що залежить від зміни частоти напруги живлення (Ловейкін та ін., 2023). Залежність напруги живлення електродвигуна системи від  $U$  від частоти напруги живлення  $f$  можна визначити за наступною залежністю (Loveikin, Romasevych, Kadykalo, 2023; Ловейкін та ін., 2023; Romasevych, Loveikin, Loveikin, 2021):

середньоквадратичного значення крутного моменту у пружній муфті приводу динамічної системи в залежності від величини параметрів  $t_1$ ,  $U_0$  та  $f$ , має наступний вигляд:

значення зусилля у тяговому канаті приводу вантажного візка динамічної системи в залежності від  $t_1$ ,  $U_0$  та  $f$ , має наступний вигляд:

електроприводі динамічної системи у залежності від  $t_1$ ,  $U_0$  та  $f$ , має наступний вигляд:

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

Вирази (4) – (6) виступали у якості оптимізаційних критеріїв при подальших дослідженнях.

Враховуючи те, що максимальна величина оптимізаційних критеріїв (4) – (6) для досліджуваної системи напряму залежала від значень  $t_1$ ,  $U_0$  та  $f$ , то було знайдено такі значення цих параметрів при, яких величини  $M_{MUF.}$ ,  $F_{KAN.}$  та  $P$  є мінімальними. Для цього використано модифікований метод оптимізації роєм часточок (RING-ROT-PSO) (Romasevych, Loveikin,

Loveikin, 2021). При цьому досліджувана система розглядалася як *MISO*-функція, у якій в якості входу виступали величини  $t_1$ ,  $U_0$  та  $f$ , а виходами були величина критеріїв ( $M_{MUF.}$ ,  $F_{KAN.}$  та  $P$ ). При цьому для кожного з критеріїв оптимізації, значення параметрів ( $t_1$ ,  $U_0$  та  $f$ ) встановлювалися індивідуально (Loveikin, Romasevych, Kadykalo, 2023; Ловейкін та ін., 2023).

Загальний вигляд *MISO*-функції зображено на рис 2.



Рис. 2. Зображення *MISO*-функції для проведення параметричної оптимізації

Величини параметрів, при яких буде проведена параметрична оптимізація, зведено до таблиці 2.

## 2. Основні значення параметрів для проведення оптимізації

№ п/п	Параметри	Значення
1.	Загальна кількість частинок у рої	40
2.	Загальна кількість ітерацій	100
3.	$t_1$ , с	від 0.5 до 4.0
4.	$U_0$ , В	від 0.01 до 380
5.	$f$	1=Лінійна; 2=S-подібна; 3=2S-подібна; 4= U-подібна

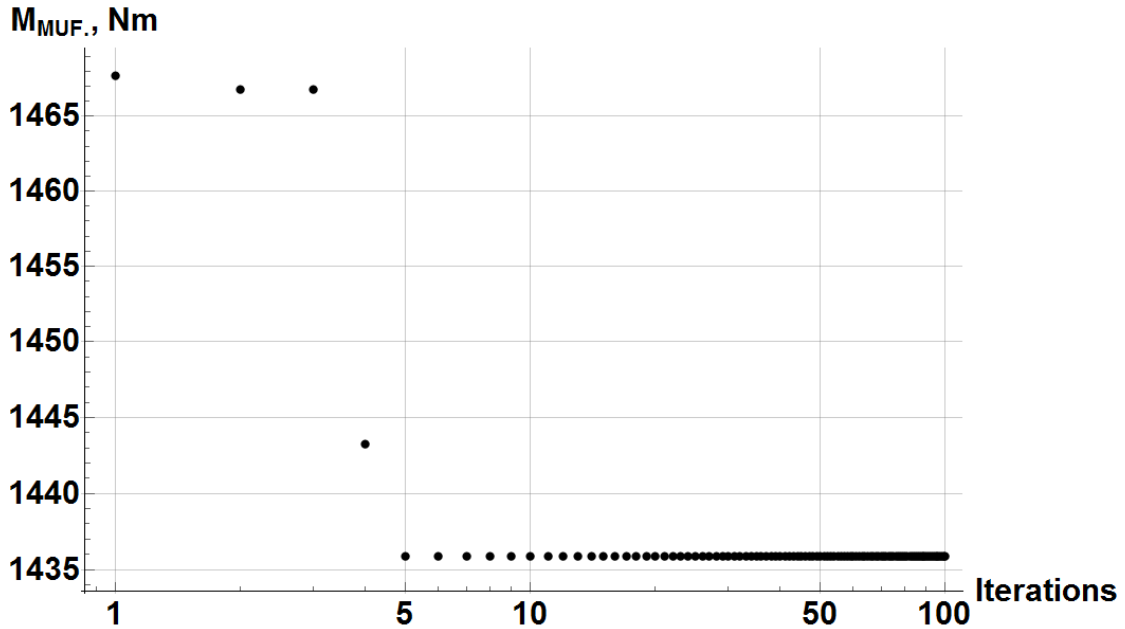
Для того, щоб встановити оптимальний тип характеристики  $f$ , кожній із них було присвоєно певний порядковий номер (Лінійна=1, S-

подібна=2, 2S-подібна=3, U-подібна=4). Метод оптимізації роєм часточок (RING-ROT-PSO) [16] дозволив визначити відповідний

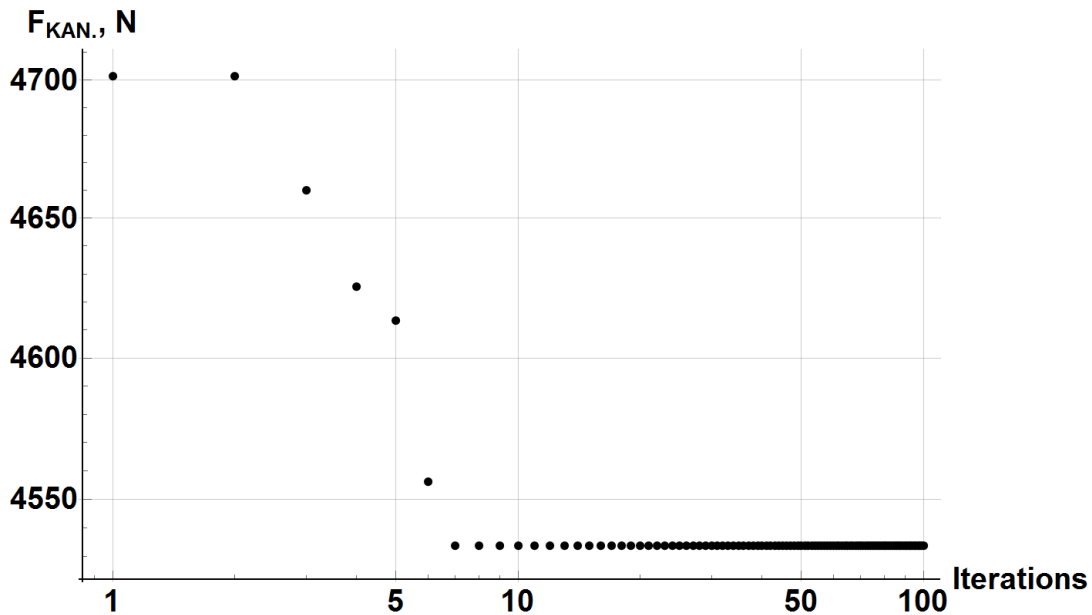
Ромасевич Ю. О., Ловеїкін В. С., Стехно О. В.

порядковий номер (від 1 до 4), що відповідає бажаному типу характеристики для певного оптимізаційного критерію. В результаті використання методу (RING-ROT-PSO) (Romasevych,

Loveikin, Loveikin, (2021), виконано мінімізацію оптимізаційних критеріїв  $M_{MUF.}$ ,  $F_{KAN.}$  та  $P$ . Результат роботи методу оптимізації наведено на рис. 3, (а - в).



а)



б)

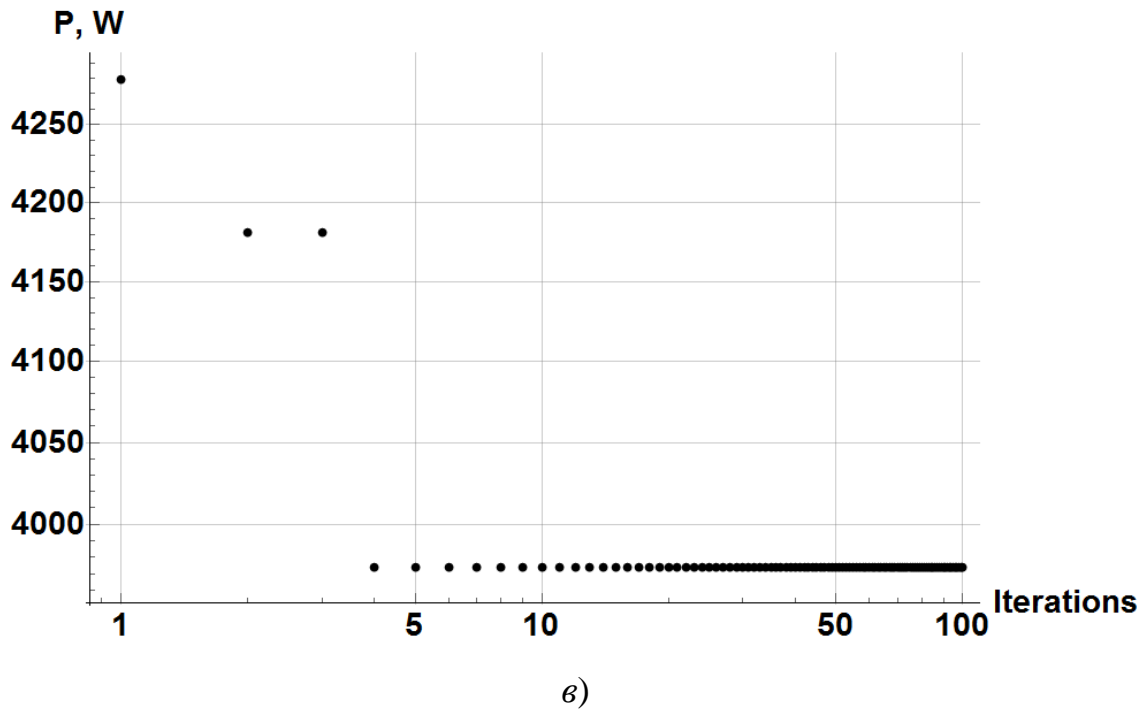


Рис. 3. Графічні залежності зміни величин при здійсненні параметричної оптимізації: а) крутного моменту в муфті; б) тягового зусилля у канаті; в) потужності у приводі

Аналізуючи наведені графіки функцій, на рис. 3 можливо зробити висновок, що глобальні мінімуми оптимізаційних критеріїв (4) – (6) при використанні методу RING-ROT-PSO [16] знаходиться до десятої ітерації.

Оптимальні значення налаштування параметрів  $t_1$ ,  $U_0$  та  $f$  частотно керованого електроприводу зведено до таблиці 3.

### 3. Оптимальні значення параметрів частотно-керованого приводу

Параметри	Тип оптимізаційного критерію		
	$M_{MUF.}$	$F_{KAN.}$	$P$
$t_1, c$	4.0	0.60	4.0
$U_0, B$	380	0.01	0.01
$f$	Лінійна	2S-подібна	U-подібна

Окрім того, за результатами, які представлено у таблиці 3 побудовано відповідні графічні залежності. При оптимізації за критерієм (4), наведено графічні залежності, які описують

характер зміни крутного моменту у пружній муфті системи (залежність чорного кольору) та кутову швидкість електродвигуна (сірого кольору залежність) (рис. 4).

$M_{\text{МУФ.}}, \text{Nm}; \phi_1 \times 5, \text{rad/s}$

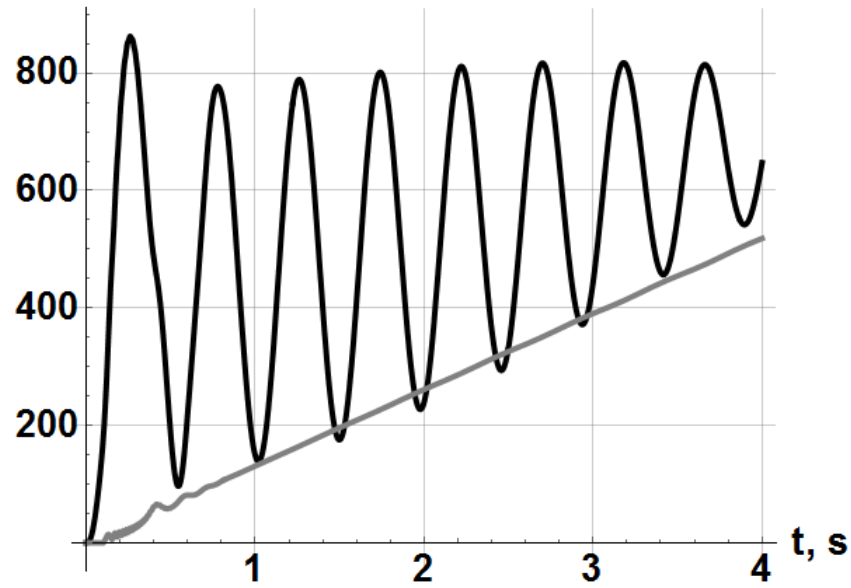


Рис. 4. Графічні залежності зміни функцій крутного моменту в пружній муфті та кутової швидкості електроприводу для критерію (4)

Для критерію оптимізації (5), представлено графічні залежності, які описують характер зміни зусилля у

тяговому канаті та кутову швидкість електродвигуна (рис. 5).

$F_{\text{КАН.}}, \text{N}; \phi_1 \times 20, \text{rad/s.}$

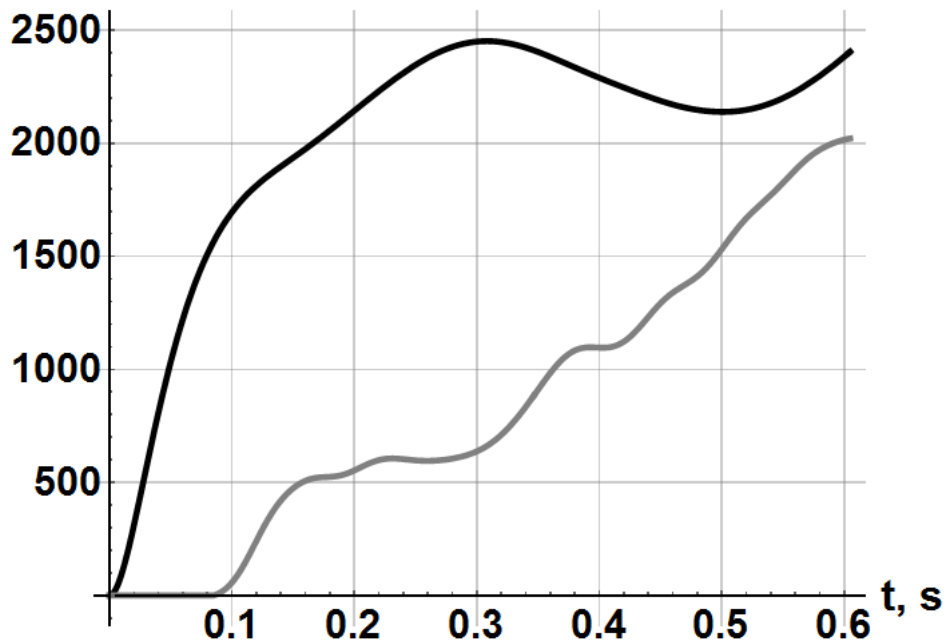


Рис. 5. Графічні залежності зміни функцій зусилля у тяговому канаті та кутової швидкості електроприводу для критерію (5)

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

При оптимізації за критерієм (6), представлено графічні залежності, які описують характери зміни потужності у електроприводі та кутову швидкість ротора електродвигуна (рис. 6).

Аналіз графічних залежностей, наведених на (рис. 4-6), дозволив сформулювати наступні висновки. Наростання величини кутової швидкості частотно-керованого електроприводу до усталеного значення для усіх критеріїв оптимізації відбувається плавно (за виключенням початкового пуску). Це

дозволяє підвищити ресурс експлуатації електродвигуна досліджуваної системи.

Спостерігається певний коливальний характер крутного моменту в пружній муфті (рис. 4), який пов'язаний із виходом системи зі стану спокою, однак величина його є не суттєвою. Значення зусилля у тяговому канаті та потужності у електроприводі (рис. 5-6) мають плавний характер наростань, що позитивно впливає на надійність та довговічність досліджуваної системи.

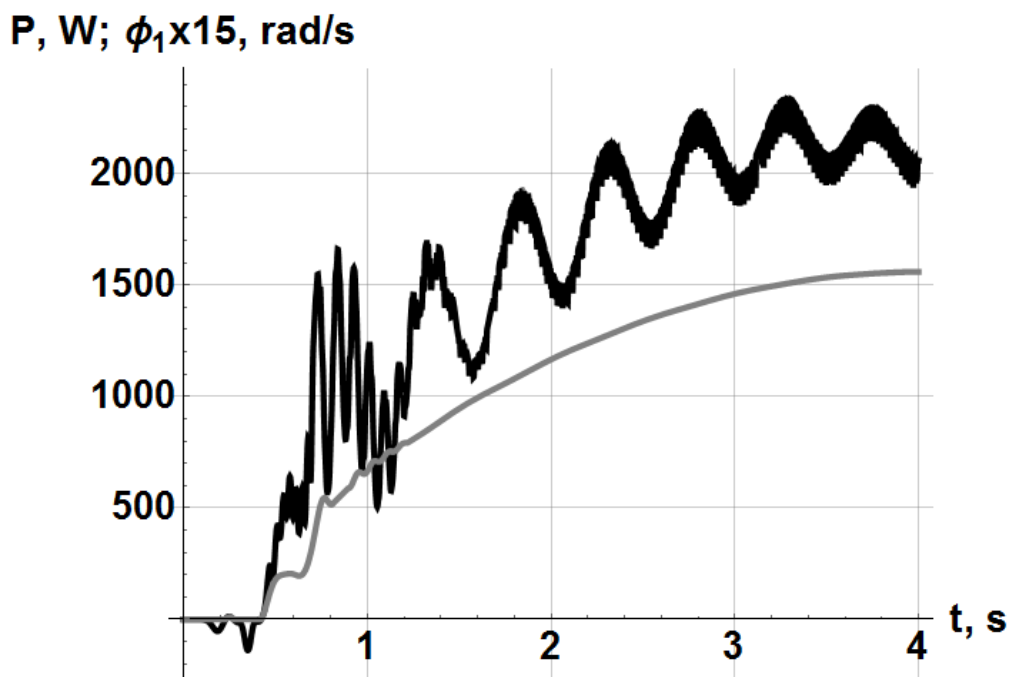


Рис. 6. Графічні залежності зміни функцій потужності у електродвигуні та кутової швидкості ротора електроприводу для критерію (6)

Для оцінки повноти картини проведеної параметричної оптимізації в таблиці 4 наведено значення величин оптимізаційних критеріїв (4)-(6) при використанні

різних типів характеристик. Найнижчі значення показників оптимізаційних критеріїв виділено жирним шрифтом.

#### 4. Значення критеріїв оптимізації за різних типів характеристик

Тип характеристики $f$	Критерії оптимізації		
	$M_{MUF.}$	$F_{KAN.}$	$P$
Лінійна	<b>1435.9</b>	4685.9	4484.4
S-подібна	1689.1	4874.8	5714.9
2S-подібна	1439.9	<b>4533.7</b>	4996.1
U-подібна	1980.5	4764.1	<b>3974.1</b>

Аналіз наведених даних в таблиці 4 підтверджує відповідність встановлених типів характеристик наростання частоти напруги живлення (таблиця 3), оскільки при їх використанні спостерігаються мінімальні значення досліджуваних критеріїв. Так, наприклад значення критерію  $M_{MUF.}$  при лінійній характеристиці на 27.9 % менше у порівнянні із аналогічним значенням за U-подібної характеристики. Значення критерію  $F_{KAN.}$  за використання 2S-подібної характеристики на 6.9 % менше у порівнянні із аналогічним значенням за S-подібної характеристики. Величина критерію  $P$  за U-подібної характеристики на 30.4 % менше у порівнянні із тотожним значенням при S-подібній характеристиці.

#### Висновки

1. Виконано параметричну оптимізацію частотно-керованого електроприводу, яка дозволила мінімізувати величину небажаних динамічних (крутний момент у пружній муфті та зусилля у тяговому канаті приводу вантажного візка) та

енергетичних (потужність у приводі) характеристик динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту баштового крана. Для проведення оптимізації використано модифікований метод ройових часточок (RING-ROT-PSO). Встановлено, що мінімальні значення динамічних критеріїв при використанні оптимальних характеристик (лінійної та 2S-подібної) у діапазоні 6.9 ... 27.9 % є меншими ніж при використанні не оптимальних (U-подібної та S-подібної) характеристик. Мінімальне значення енергетичного критерію при використанні U-подібної характеристики на 30.4 % є меншим ніж при S-подібній.

2. Тому для мінімізації величини небажаних динамічних показників при частотно-керованому пуску динамічної системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту бажано використовувати лінійну та 2S-подібну характеристики, а для мінімізації величини небажаного енергетичного показника U-подібну. При цьому необхідно також

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

раціонально встановлювати параметри  $t_1$  та  $U_0$ .

### Список використаних джерел

- Li, S., Zou, Y., Lai, X., Liu, Z. & Wang, X. (2023). Performance-maximum optimization of the intelligent lifting activities for a polar ship crane through trajectory planning. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part C. Journal of Mechanical Engineering Science, 4, 765–781. <https://doi.org/10.1177/095440622211117>.
- Montonen, J.-H., Nevaranta N., Niemelä, M. & Lind, T. (2022). Comparison of extra insensitive input shaping and swing-angle-estimation-based slew control approaches for a tower crane. Applied Sciences, 12, 5945. <https://doi.org/10.3390/app12125945>.
- Nazarenko, I., Bernyk, I., Dedov, O., Rogovskii, I., Ruchynskiy, M., Pereginets, I., & Titova, L. (2021). Research of technical systems of processes of mixing materials. Dynamic processes in technological technical systems. Kharkiv: PC Technology Center. 57–76. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4>.
- Rogovskii, I. L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. Machinery and Energetics, 12(2), 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.
- Qian, Y., Fang, Y. & Lu, B. (2017). Adaptive repetitive learning control for an offshore boom crane. Automatica, 82(8), 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2017.04.003>.
- He, J., Chen, Y., Wu, K., Zhao, Y., Wang, Z. & Chen Z. (2018). Energy flow analysis of crane hoisting system and experimental of potential energy. Journal of Jilin University. Engineering and Technology Edition, 48, 4, 1106–1113. <https://doi.org/10.13229/j.cnki.jdxbgxb20170539>.
- Sun, N., Wu, Y., Chen, H. & Fang Y. (2018). An energy-optimal solution for transportation control of cranes with double pendulum dynamics: Design and experiments. Mechanical Systems and Signal Processing, 102, 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.09.027>.
- Ho, T., Suzuki, K., Tsume, M., Tasaki, R., Miyoshi, T. & Terashima K. (2019). A switched optimal control approach to reduce transferring time, energy consumption, and residual vibration of payload's skew rotation in crane systems. Control Engineering Practice, 84, 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.11.018>.
- Rams, H., Schöberl, M. & Schlacher, K. (2017). Optimal Motion Planning and Energy-Based Control of a Single Mast Stacker Crane. IEEE. Transactions On Control Systems Technology, 26(4), 1449–1457. <https://doi.org/10.1109/TCST.2017.2710953>.
- Loveikin, V., Romasevych, Y. & Kadykalo, I. (2023). Dynamic analysis of the joint movement of the hoisting and slewing mechanisms of a boom crane. Machinery and Energetics, 14(3), 75–85. <https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.75>.
- Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Стехно О.В. Аналіз динаміки зміни вильоту вантажу баштового крана. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ, 2018. Вип. 282. С. 74–87.
- Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Стехно О.В. Оптимізація режимів зміни вильоту вантажу баштового крана. Монографія. Київ. ЦП «КОМПРИНТ». 2017. 172 с.
- Grigorov, O., Druzhynin, E., Anishchenko, G., Strizhak, M. & Strizhak V. (2018). Analysis of various approaches to modeling of dynamics of lifting-transport vehicles. International Journal of Engineering and Technology (UAE), 7(4), 64–70. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19553>.
- Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Стехно О.В., Муштин Д.І. Наукове обґрунтування і розробка методів динамічного моделювання та режимно-параметричної оптимізації сучасних вантажопідйомних машин. Монографія. ЦП „КОМПРИНТ”. Київ. 2023. 458 с.

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

15. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. Динамічна оптимізація механізму підйому вантажу. Монографія. Київ. ЦП «КОМПРИНТ». 2015. 197 с.

16. Romacevych, Y., Loveikin, V., Loveikin, Y. (2021). Development of new rotating ring topology of PSO-algorithm. *IEEE 2<sup>nd</sup> KhPI Week Advanced Technology*. 13 September, 79–82. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569973>

## References

1. Li, S., Zou, Y., Lai, X., Liu, Z. & Wang, X. (2023). Performance-maximum optimization of the intelligent lifting activities for a polar ship crane through trajectory planning. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part C. Journal of Mechanical Engineering Science*, 4, 765–781. <https://doi.org/10.1177/095440622211117>.

2. Montonen, J.-H., Nevaranta N., Niemelä, M. & Lind, T. (2022). Comparison of extra insensitive input shaping and swing-angle- estimation-based slew control approaches for a tower crane. *Applied Sciences*, 12, 5945. <https://doi.org/10.3390/app12125945>.

3. Nazarenko, I., Bernyk, I., Dedov, O., Rogovskii, I., Ruchynskiy, M., Pereginets, I., & Titova, L. (2021). Research of technical systems of processes of mixing materials. *Dynamic processes in technological technical systems*. Kharkiv: PC Technology Center. 57–76. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4>.

4. Rogovskii, I. L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*, 12(2), 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

5. Qian, Y., Fang, Y. & Lu, B. (2017). Adaptive repetitive learning control for an offshore boom crane. *Automatica*, 82(8), 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2017.04.003>.

6. He, J., Chen, Y., Wu, K., Zhao, Y., Wang, Z. & Chen Z. (2018). Energy flow analysis of crane hoisting system and experimental of potential energy. *Journal of Jilin University. Engineering and Technology*

Edition, 48, 4, 1106–1113. <https://doi.org/10.13229/j.cnki.jdxbgxb20170539>

7. Sun, N., Wu, Y., Chen, H. & Fang Y. (2018). An energy-optimal solution for transportation control of cranes with double pendulum dynamics: Design and experiments. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 102, 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2017.09.027>.

8. Ho, T., Suzuki, K., Tsume, M., Tasaki, R., Miyoshi, T. & Terashima K. (2019). A switched optimal control approach to reduce transferring time, energy consumption, and residual vibration of payload's skew rotation in crane systems. *Control Engineering Practice*, 84, 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.11.018>

9. Rams, H., Schöberl, M. & Schlacher, K. (2017). Optimal Motion Planning and Energy-Based Control of a Single Mast Stacker Crane. *IEEE. Transactions On Control Systems Technology*, 26(4), 1449–1457. <https://doi.org/10.1109/TCST.2017.2710953>

10. Loveikin, V., Romacevych, Y. & Kadykalo, I. (2023). Dynamic analysis of the joint movement of the hoisting and slewing mechanisms of a boom crane. *Machinery and Energetics*, 14(3), 75–85. <https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.75>

11. Loveikin, V.S., Romacevych, Yu.O. & Stekhno, O.V. (2018). Analysis of dynamics of luffing cargo crane tower. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK*. Kyiv, 282, 74–87.

12. Loveikin, V.S., Romacevych, Yu.O. & Stekhno, O.V. (2017). Optimizations of modes tower crane trolley movement mechanism. *Monograph*. Kyiv. CP «КОМПРИНТ», 172.

13. Grigorov, O., Druzhynin, E., Anishchenko, G., Strizhak, M. & Strizhak V. (2018). Analysis of various approaches to modeling of dynamics of lifting-transport vehicles. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 7(4), 64–70. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19553>.

14. Loveikin, V.S., Romacevych, Yu.O. & Stekhno, O.V. (2023). *Scientific*

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

substantiation and development of methods of dynamic modeling and mode-parametric optimization of modern forklifts. Monograph. Kyiv. CP «COMPRINT», 458.

15. Loveikin, V.S. & Romacevych, Yu.O. (2015). Dynamic optimization of the cargo lifting mechanism. Monograph. Kyiv. CP «COMPRINT», 197.

16. Romacevych, Y., Loveikin, V., Loveikin, Y. (2021). Development of new rotating ring topology of PSO-algorithm. *IEEE 2<sup>nd</sup> KhPI Week Advanced Technology*. 13 September, 79–82. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569973>

Дослідження виконано у рамках виконання україно-ізраїльської науково-дослідної роботи М/36-2024 „Розробка нових модифікацій методу оптимізації PSO та їх застосування у задачах інженерії”.

## PARAMETRIC OPTIMIZATION OF FREQUENCY-CONTROLLED START-UP OF DYNAMIC SYSTEM "TROLLEY-LOAD" OF TOWER CRANE TROLLEY MOVEMENT MECHANISM

Yu. O. Romasevych, V. S. Loveikin, O. V. Stekhno

**Abstract.** *In the scientific article, a scientific and applied problem is solved, which allows to minimize the dynamic and energy parameters of the frequency-controlled drive of the dynamic "cart-load" system of the tower crane flight change mechanism during the transient start-up mode.*

*To solve this problem, the existing mathematical model of the change in the departure of the load was used, which was supplemented by a mathematical model of the motion of an asynchronous electric drive in time. The parameters for setting the frequency-controlled drive are used: the duration of the increase in the frequency of the supply voltage, the initial supply voltage of the electric motor and the type of characteristic of the increase, up to the nominal value, of the frequency of the supply voltage.*

*The maximum values of the torque in the elastic coupling, the effort in the traction rope and the power in the electric drive were used as optimization criteria. Using the modified RING-ROT-PSO optimization method, the rational values of the given parameters and the type of characteristic are established, in which the minimization of the studied criteria is observed. A comparative analysis of discrepancies when varying different types of characteristics was performed, which proved the adequacy of the performed parametric optimization.*

*Parametric optimization of the frequency-controlled electric drive was carried out, which made it possible to minimize the amount of undesirable dynamic (torque in the elastic coupling and force in the traction rope of the truck drive) and energy (power in the drive) characteristics of the dynamic "cart-load" system of the mechanism for changing the departure of the tower crane. A modified method of swarm particles (RING-ROT-PSO) was used for optimization. It was established that the minimum values of dynamic criteria when using optimal characteristics (linear and 2S-shaped)*

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Стехно О. В.

*in the range of 6.9...27.9% are smaller than when using non-optimal (U-shaped and S-shaped) characteristics. The minimum value of the energy criterion when using a U-shaped characteristic is 30.4% less than when using an S-shaped characteristic. Therefore, in order to minimize the amount of unwanted dynamic indicators during the frequency-controlled start of the dynamic system "cart-load" of the departure change mechanism, it is desirable to use linear and 2S-like characteristics, and to minimize the amount of unwanted energy indicator, U-shaped. At the same time, it is also necessary to rationally set parameters  $t_1$  and  $U_0$ .*

**Key words:** *tower crane, dynamic "cart-cargo" system, flight change mechanism, parametric optimization, optimization criteria, RING-ROT-PSO method, MISO function*

**How to Cite:** Romasevych, Y., Loveikin, V., & Stekhno, O. (2024). Parametric optimization of frequency-controlled start-up of dynamic system "trolley-load" of tower crane trolley movement mechanism. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.018](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.018)

**ОСОБЛИВОСТІ ЗГИНАННЯ КРИВОЛІНІЙНИХ АБСОЛЮТНО ПРУЖНИХ СТЕРЖНІВ**

**С. Ф. ПИЛИПАКА**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-1496-4615>

E-mail: [s.pylypaka@nubip.edu.ua](mailto:s.pylypaka@nubip.edu.ua)

**В. І. ХРОПОСТ**, аспірант, <https://orcid.org/0000-0001-9363-3955>

E-mail: [khropost@it.nubip.edu.ua](mailto:khropost@it.nubip.edu.ua)

**Т. М. ВОЛІНА**, кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-8610-2208>

E-mail: [Volina@nubip.edu.ua](mailto:Volina@nubip.edu.ua)

**Т. А. КРЕСАН**, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри природничо-математичних та загальноінженерних дисциплін

<https://orcid.org/0000-0002-8280-9502>

E-mail: [natinubip@nubip.edu.ua](mailto:natinubip@nubip.edu.ua)

**І. Ю. ГРИЩЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-1000-9805>

E-mail: [hryshchenko@nubip.edu.ua](mailto:hryshchenko@nubip.edu.ua)

**В. М. БАБКА**, кандидат технічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-4971-4285>

E-mail: [babka@nubip.edu.ua](mailto:babka@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**І. О. РИБЕНКО**, старший викладач, <https://orcid.org/0000-0001-7795-1689>

E-mail: [i.rybenko@snau.edu.ua](mailto:i.rybenko@snau.edu.ua)

**А. М. РЕБРІЙ**, старший викладач, <https://orcid.org/0000-0002-3467-2353>

E-mail: [a.rebriy@snau.edu.ua](mailto:a.rebriy@snau.edu.ua)

*Сумський національний аграрний університет*

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.019](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.019)

*Анотація.* В будівельній механіці при розрахунку прогинів балок застосовується лінійна теорія згину. Вона дає наближений результат, однак цілком прийнятний для практики, оскільки прогини балок мізерні в порівнянні із їх довжиною. При значних прогинах стержнів, коли кривина пружної осі є значною, застосовується нелінійна теорія. В основі неї лежить положення опору матеріалів, згідно якого кривина пружної осі прямо пропорціональна прикладеному моменту і обернено пропорціональна жорсткості стержня. Такі види пружного згинання присутні у сільськогосподарській ґрунтообробній техніці. Завдяки пружності стержнів, які можуть бути робочими органами

Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Воліна Т. М., Кресан Т. А., Грищенко І. Ю., Бабка В. М., Рибенко І. О., Ребрій А. М.

*або ж з'єднувати робочі органи із рамою машини, гасяться пульсуючі навантаження. Стержні у вільному стані можуть мати початкову кривину пружної осі, яка може бути сталою або змінною. Стержень одним кінцем жорстко кріпиться до рами машини, а другий перебуває під дією прикладеної сили. Якщо кривина стала, тобто пружною віссю стержня є дуга кола, то деформація буде однаковою незалежно від того, який кінець стержня кріпиться до рами. Для стержнів із змінною кривиною пружної осі це має значення. В статті розглянуто такі випадки, здійснено відповідні розрахунки на основі яких знайдено форму пружної осі стержня після його згинання. Криволінійні стержні змінної кривини мають різне її значення на кінцях. В зв'язку із цим форма пружної осі під дією слідкуючої сили защемленого стержня буде залежати від того, яким кінцем він защемлений. Момент, під дією якого деформується пружна вісь стержня, залежить від плеча, тобто від довжини дуги пружної осі. Довжина дуги кривої може збільшуватися тільки в одному напрямку від точки відліку. Якщо стержень защемити протилежним кінцем, то потрібно змінити напрям, в якому зростає плече, тобто довжина дуги. Для цього запропоновано спосіб вирішення даного питання, який дозволяє брати будь-яку ділянку криволінійного стержня і досліджувати його на згинання слідкуючою силою при защемленні одного або протилежного кінця.*

**Ключові слова:** пружна вісь, кривина, жорсткість, сила, момент, згинання

**Актуальність.** Абсолютно пружні металеві елементи, такі як стержні, використовуються в різних галузях інженерії через їхню універсальність і корисні властивості. Вони можуть виконувати функцію вимикачів при достатньому зусиллі, що діє на них, у вимірювальних приладах, у автомобільній промисловості в системах підвіски тощо. Особливо важливу роль вони відіграють в сільськогосподарських машинах, при роботі яких виникають вібрації та пульсуючі навантаження. Завдяки пружним елементам досягається стабільність роботи агрегату, зменшуються його коливання, забезпечується амортизація від вібрації та ударів, які виникають під час роботи. В науковій

літературі здебільшого розглядається згинання стержнів із великим прогином, у яких пружна вісь у вільному стані є прямолінійною. Однак в інженерній практиці широко використовуються пружні елементи із криволінійною пружною віссю у вільному стані, тому **актуальною проблемою** є вивчення їх деформації під дією прикладених сил.

**Метою дослідження** є аналітичний опис згинання абсолютно пружних криволінійних стержнів, кривина пружної осі яких є змінною величиною, залежною від довжини дуги цієї осі. Вважається, що стержень одним своїм кінцем консольно защемлений, а до другого прикладена слідкуюча сила. Під дією цієї сили відбувається згинання

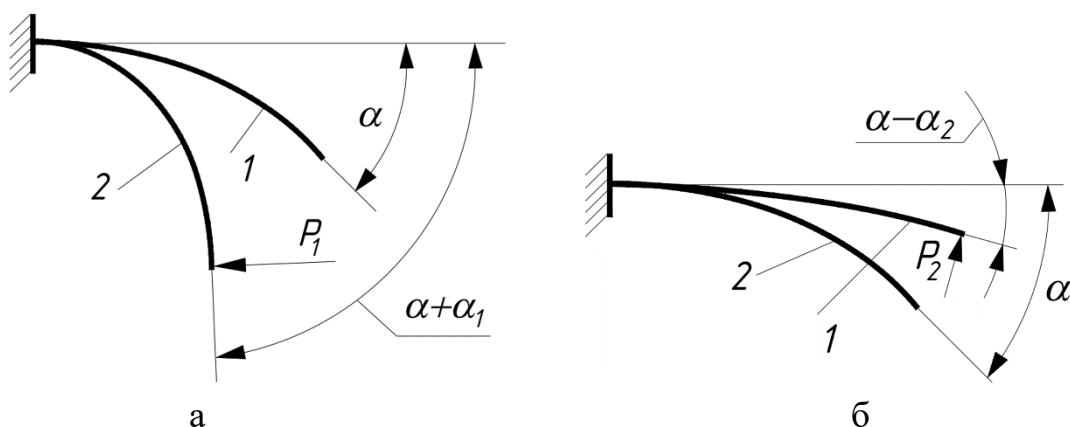
Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Воліна Т. М., Кресан Т. А., Грищенко І. Ю., Бабка В. М., Рибенко І. О., Ребрій А. М.

пружної осі стержня. Якщо кінці стержня поміняти місцями, то в результаті його згинання пружна вісь набуде іншої форми, ніж у попередньому випадку.

Пружний стержень може бути розташований на роликах і вільно на них переміщатися при деформації під дією прикладених сил [1]. Значно простішою є задача згинання пружного стержня, один кінець якого зацемлений у вигляді консолі. До протилежного кінця може бути прикладена сила, момент або їх комбінація. Знаходження пружної осі стержня в такому випадку розглянули [2]. Окрему групу становлять задачі знаходження деформації стержня на прикладі бурильних колон [3]. Їх особливістю є велика довжина пружної осі і дією на стержень стінок криволінійних каналів. До цієї групи задач відноситься також праця [4], у якій пружна вісь описується поліноміальними сплайн-функціями. В. Є. Харченко та інші [5] розглянули нелінійний згин стержня під дією

зосередженої сили, яка складає довільний кут між її напрямом та дотичною до осі стержня. Формування спіральної пружини згинанням смуги під дією прикладеної слідкуючої сили розглянуто С. Пулурака та іншими [6]. Застосування пружинного елемента при кріпленні культиваторної лапи, що сприяє покращенню рівномірності її ходу висвітлено в праці В. М. Арендаренко та іншими [7].

**Методи та матеріали дослідження.** Методи досліджень базуються на концепції нелінійного згину смуги, яка є складовою загальної теорії опору матеріалів [8]. При деформації пружної осі смуги змінюється її кривина, залишаючи довжину дуги цієї осі незмінною [9]. Це важливий аспект при вивченні механічних властивостей матеріалів та їх поведінки під навантаженням [10]. Розглянемо сказане на прикладі консольно закріпленого стержня або смуги 1, яка у вільному стані має криволінійну форму (рис. 1).



Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Воліна Т. М., Кресан Т. А., Грищенко І. Ю., Бабка В. М., Рибенко І. О., Ребрій А. М.

**Рис. 1. Пружна вісь смуги у вільному стані – 1 і після прикладеної сили  $P$  – 2:** а) прикладена сила  $P_1$  збільшує кривину пружної осі; б) прикладена сила  $P_2$  зменшує кривину пружної осі

Залежно від того, як спрямована сила  $P$ , відома як слідкуюча сила через її властивість залишатися перпендикулярною до кінця осі під час деформації, кривина осі може або зростати, або зменшуватись. У недеформованому стані кривину осі можна виміряти за допомогою кута  $\alpha$ , який може збільшуватись до  $\alpha + \alpha_1$  (рис. 1,а) або зменшуватись до  $\alpha - \alpha_2$  (рис. 1,б) у процесі деформації. Важливо враховувати величину кута у відношенні до довжини  $s$  пружної

осі. Границя цього співвідношення визначає кривину  $k$  кривої в даній точці, тобто  $d\alpha/ds = k$ . Форма кривої залежить від того, як змінюється кут  $\alpha$  уздовж дуги, тобто від залежності  $\alpha = \alpha(s)$ . Якщо залежність між  $\alpha$  і  $s$  є лінійною, то кривина  $k$  залишається незмінною, а сама крива є дугою кола [11].

У першому випадку (рис. 1,а), кривину  $k$  пружної осі після її деформації можна виразити так:

$$k(s) = \frac{d}{ds}(\alpha(s) + \alpha_1(s)) = k_0(s) + k_1(s), \quad (1)$$

де  $k_0(s)$  – кривина пружної осі у вільному стані, тобто до початку деформації;

$k_1(s)$  – додаткова кривина пружної осі, яку спричинила дія моменту  $M_1$  від прикладеної сили  $P_1$ .

де  $M_1(s)$  – прикладений момент  $M_1$  до криволінійної смуги у функції довжини дуги  $s$  її пружної осі;  $E \cdot I$  – жорсткість смуги. Вона є добутком моменту інерції  $I$  поперечного перерізу смуги на модуль Юнга  $E$ .

У відповідності до другого випадку (рис. 1,б), можна записати:  $k = k_0 - k_2$ . Згідно з теорією опору матеріалів, додаткову кривину  $k_1(s)$  можна визначити за допомогою наступного виразу:

$$k_1(s) = \frac{M_1(s)}{EI}, \quad (2)$$

Момент сили  $M_1(s)$  представляє собою добуток сили  $P_1$  на довжину дуги  $s$  від точки прикладання цієї сили до поточної точки пружної осі:  $M_1 = P_1 s$ . Беручи це до уваги, підставляємо (2) в (1) і отримуємо:

$$k(s) = k_0(s) + \frac{P_1 s}{EI} \quad \text{або} \quad \frac{d\alpha}{ds} = k_0 + \frac{P_1 s}{EI}. \quad (3)$$

Для іншого випадку (рис. 1,б), коли сила  $P_2$  спрямована в

протилежну сторону, тобто «випрямляє» пружну вісь, рівняння (3) набуває вигляду:

$$\frac{d\alpha}{ds} = k_0 - \frac{P_2 s}{EI}. \quad (4)$$

Рівняння (3) і (4) називаються натуральними рівняннями пружної осі смуги після її деформації під дією прикладених сил  $P_1$  або  $P_2$ . Для

$$x = \int \cos \alpha(s) ds;$$

В загальному випадку рівняння (5) потребують чисельних методів інтегрування [11-14].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Крива змінної кривини задається залежністю  $\alpha = \alpha(s)$ , окрім лінійної залежності, оскільки в такому випадку буде коло. Криву

$$\alpha = \sqrt{\frac{2s}{a}} + \alpha_0, \quad (6)$$

де  $a$  стала величина – радіус початкового кола,  $\alpha_0$  – кут між віссю  $x$  і дотичною до кривої в початковій точці.

$$\begin{aligned} x &= a \cos\left(\sqrt{\frac{2s}{a}} + \alpha_0\right) + \sqrt{2as} \sin\left(\sqrt{\frac{2s}{a}} + \alpha_0\right); \\ y &= a \sin\left(\sqrt{\frac{2s}{a}} + \alpha_0\right) - \sqrt{2as} \cos\left(\sqrt{\frac{2s}{a}} + \alpha_0\right). \end{aligned} \quad (7)$$

На рис. 2 за рівняннями (7) побудовано дуги евольвенти кола при

побудови осі смуги за вказаними рівняннями використовуються відомі формули диференціальної геометрії:

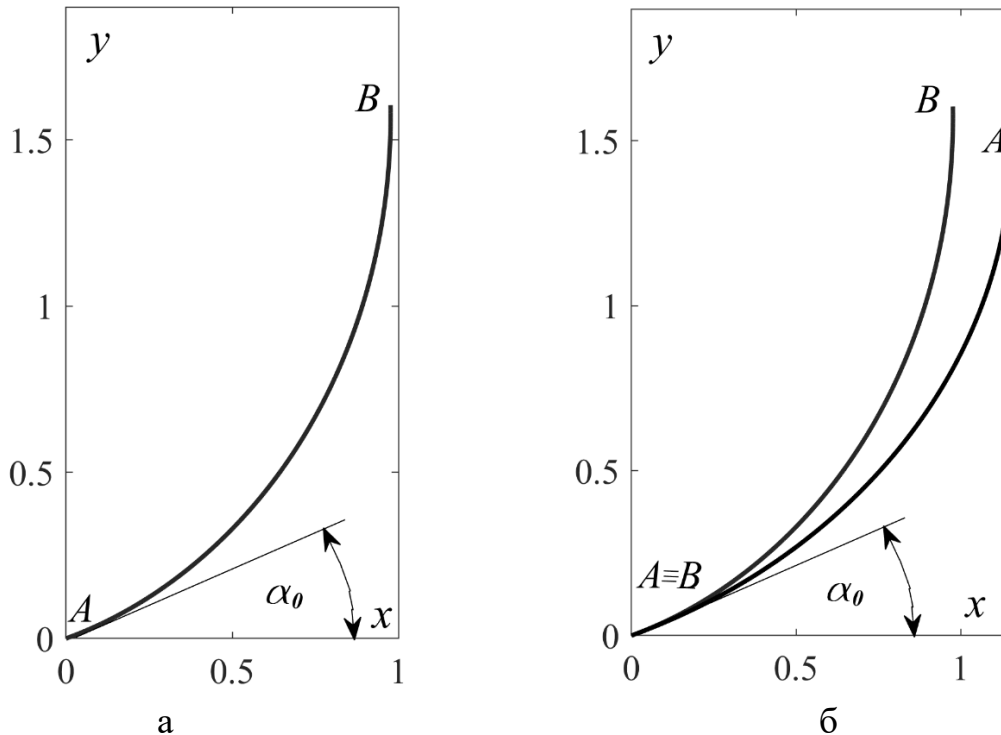
$$y = \int \sin \alpha(s) ds. \quad (5)$$

будують інтегруванням виразів (5). Вони не завжди можуть бути проінтегровані, тому потрібно застосовувати чисельні методи.

Візьмемо відому криву змінної кривини – евольвенту кола. Вона має наступну залежність  $\alpha = \alpha(s)$ :

Інтегруванням виразів (5) після підстановки в них залежності (6) отримаємо:

$a=0,7$ ,  $\alpha_0=20^\circ$  при зміні довжини дуги  $s$  в межах  $s=1 \dots 3$  лінійних одиниць.



**Рис. 2.** Дуга евольвенти кола довжиною 2 лінійних одиниці, побудована за рівняннями (7): а) при зміні параметра  $s$  від точки  $A$  до точки  $B$  кривина кривої зменшується; б) конгруентні дуги евольвенти кола суміщені так, що в початковій точці із спільною дотичною мають різні значення кривини

Приймаємо криву  $AB$  (рис. 2,а) за пружну вісь криволінійної смуги у вільному стані. Згідно (1) знаходимо

$$k_0 = \frac{d\alpha}{ds} = \frac{1}{\sqrt{2as}}. \quad (8)$$

При підстановці у формулу (8) початкового значення  $s_0=1$  отримаємо значення кривини в точці  $A$ , а при підстановці кінцевого значення  $s_k=3$  – в точці  $B$ . Очевидно, що деформація смуги під дією прикладеної до її кінця сили залежатиме від того, який кінець буде консольно защемлений. Відлік моменту  $M=P \cdot s$  починається від  $s_0$ , при якому момент найменший і змінюється по мірі зростання параметра  $s$ . Такому положенню відповідає крива на рис. 2,а, де вільний кінець буде у точці  $A$ , а

залежність її кривини  $k_0=k_0(s)$  диференціюванням залежності (6):

защемлений – у точці  $B$ . Якщо кінці кривої поміняти місцями, то необхідно змінити рівняння (6). Для цього у рівняння (6), (7), (8) потрібно замість символу “ $s$ ” записати “ $s_0+s_k-s$ ”. Для нашого прикладу це буде “ $4-s$ ”. Межі зміни параметра  $s$  залишаються тими ж:  $s=1 \dots 3$ . Однак при початковому значенні  $s_0=1$  ми отримаємо кривину не в точці  $A$ , а в точці  $B$  згідно формули (8), а сама крива згідно параметричних рівнянь (7) буде побудована так, що її кінець

Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Воліна Т. М., Кресан Т. А., Грищенко І. Ю., Бабка В. М., Рибенко І. О., Ребрій А. М.

із попереднього випадку стане початком в даному випадку (рис. 2,б).

Розглянемо згинання смуги для першого випадку (рис. 2,а). При

цьому слідкуюча сила  $P$  буде прикладена в точці  $A$ , а протилежний кінець (точка  $B$ ) буде защемлений. Тоді згідно (3) запишемо:

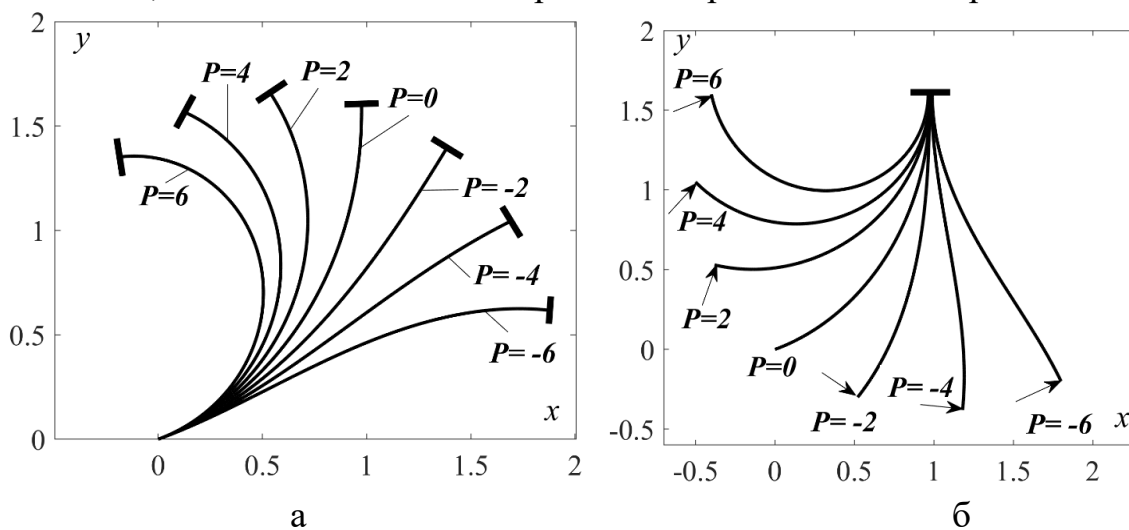
$$k(s) = \frac{d\alpha}{ds} = \frac{1}{\sqrt{2as}} + \frac{Ps}{EI}. \quad (9)$$

Інтегруванням виразу (9) знаходимо залежність  $\alpha = \alpha(s)$ :

$$\alpha = \sqrt{\frac{2s}{a}} + \alpha_0 + \frac{Ps^2}{2EI}. \quad (10)$$

Після підстановки (10) у (5) отримаємо параметричні рівняння пружної осі смуги після її згинання слідкуючою силою  $P$ . При  $P=0$  отримаємо вихідну криву (7). Для інших значень сили  $P$  необхідно застосовувати чисельне інтегрування рівнянь (5). Нехай поперечним перерізом смуги буде прямокутник  $0,01 \times 0,032$  м. Модуль Юнга пружинної сталі  $E = 2,2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>. Момент інерції прямокутного перерізу визначається за формулою  $I = a^3 \cdot b / 12$ , де  $a$  і  $b$  – сторони

прямокутника, причому для нашого випадку меншою стороною є  $a = 0,01$  м. Після цього знаходимо:  $EI = 586,67$  Н·м<sup>2</sup>. Для цих даних за рівняннями (5) з урахуванням (10) за допомогою чисельного інтегрування було побудовано криві для різних значень сили  $P$  (рис. 3,а). Оскільки побудова кривих починається з вільного кінця, то протилежний кінець, який защемлено, розташований у різних місцях. При додатних значеннях сили  $P$  криволінійна смуга «згинається», при від'ємних – «розгинається».



**Рис. 3. Форма пружної осі, яку набуває смуга під дією прикладеної сили  $P$  при защемленні її в точці  $B$ : а) вільний кінець пружної осі, до якого прикладена сила  $P$ , спільний для всіх кривих; б) точка защемлення протилежного кінця спільна для всіх кривих**

Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Воліна Т. М., Кресан Т. А., Грищенко І. Ю., Бабка В. М., Рибенко І. О., Ребрій А. М.

Для наочності пружні осі для різних значень сили  $P$  приведено до логічного розташування, коли точка защемлення є спільною (рис. 3,б). Він дає наочне уявлення, як змінюється форма пружної осі при зростанні

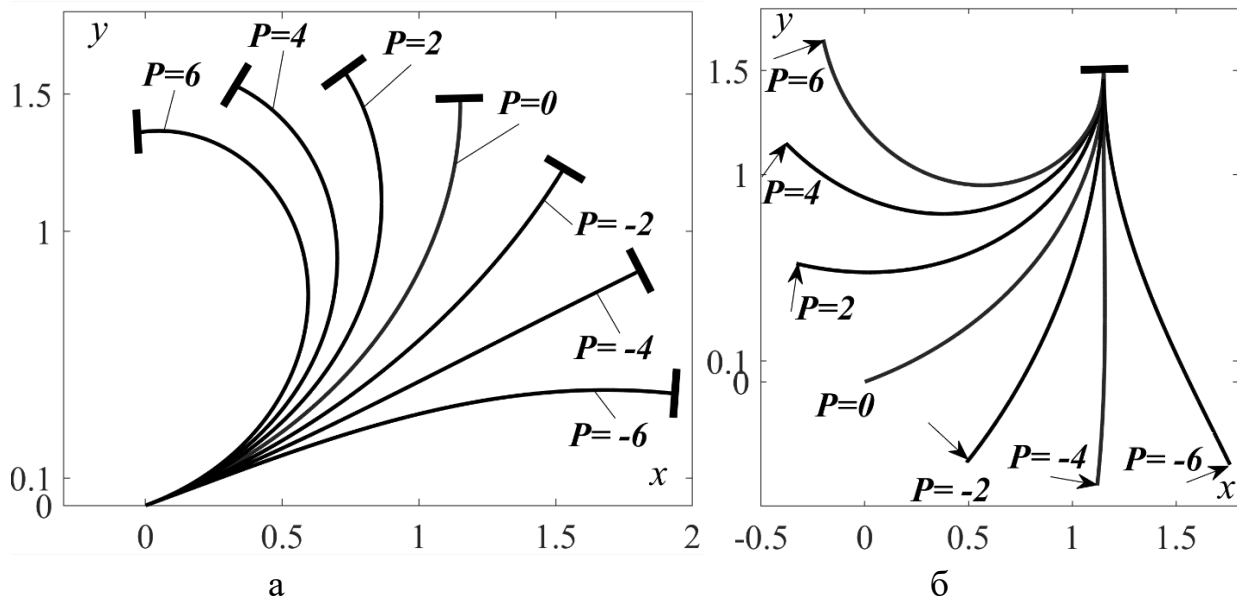
слідкуючої сили, спрямованої в одну чи протилежну сторону.

Якщо в смузі  $AB$  (рис. 2,а) вільним кінцем зробити точку  $B$  і защежити її в точці  $A$ , то рівняння (10) в нашому випадку набуває наступного вигляду:

$$\alpha = \sqrt{\frac{2(4-s)}{a}} + \alpha_0 + \frac{Ps^2}{2EI}. \quad (11)$$

Далі здійснюємо чисельне інтегрування рівнянь (5) із врахуванням (11) з тими ж самими межами зміни параметра  $s$ :  $s=1\dots 3$ .

Отримані криві пружних осей, аналогічні кривим на рис. 3, наведені на рис. 4.



**Рис. 4.** Форма пружної осі смуги  $AB$ , яку вона набуває під дією прикладеної сили  $P$  при защемленні її протилежного кінця в точці  $A$ : а) вільний кінець пружної осі, до якого прикладена сила  $P$ , спільний для всіх кривих; б) точка защемлення протилежного кінця спільна для всіх кривих

На перший погляд може здатися, що рис. 3 і рис. 4 однакові. Але між формою пружних осей при одній і тій же силі  $P$  існує відмінність. Наприклад, при  $P= -4$  Н форма пружної осі близька до прямої лінії (рис. 4), тоді як в іншому випадку вона має іншу форму (рис. 3). Ця

відмінність буде збільшуватися по мірі збільшення різниці між кривиною кінців осі смуги.

**Висновки.** 1. Криволінійні стержні змінної кривини мають різне її значення на кінцях. В зв'язку із цим форма пружної осі під дією слідкуючої сили защемленого

Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Воліна Т. М., Кресан Т. А., Грищенко І. Ю., Бабка В. М., Рибенко І. О., Ребрій А. М.

стержня буде залежати від того, яким кінцем він защемлений. Момент, під дією кого деформується пружна вісь стержня, залежить від плеча, тобто від довжини дуги пружної осі.

2. Довжина дуги кривої може збільшуватися тільки в одному напрямку від точки відліку. Якщо стержень защемили протилежним

### Список використаних джерел

1. Андрусенко О. М. Нелінійне згинання бурильних колон в циліндричних порожнинах вертикальних свердловин. Науково-технічний збірник «Вісник Національного транспортного університету». Серія «Технічні науки». 2017. Вип. 1 (37). С. 3–12.

2. Арендаренко В. М., Ларенко В. В. Особливості розрахунку пружинного елемента регулятора кута атаки культиваторної лапи. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2017. № 3. С. 122–125.

3. Вербило Д. Г. Особливості дослідження деформаційної поведінки матеріалів при випробуваннях на згин. Успіхи матеріалознавства. 2023. № 6. С. 75–85. DOI: <https://doi.org/10.15407/materials2023.06.075>

4. Кресан Т. А., Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Бабка В. М. Пружне згинання смуги із значним прогином під дією прикладених сил та моменту. Прикладна геометрія та інженерна графіка. 2021. Вип. 101. С. 137–147. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2021.101.137-147>

5. Лізунов П. П., Недін В. О. Чисельне диференціювання форм вигину пружних стержнів значної довжини. Управління розвитком складних систем. 2021. № 46. С. 70–75. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.70-75>

6. Харченко В. Є., Корсак В. І. Аналітичне розв'язання нелінійної задачі згину пружного стрижня. Видавництво

кінцем, то потрібно змінити напрям, в якому зростає плече, тобто довжина дуги. Для цього запропоновано спосіб вирішення даного питання, який дозволяє брати будь-яку ділянку криволінійного стержня і досліджувати його на згинання слідкуючою силою при защемленні одного або протилежного кінця.

Львівської політехніки. 2015. № 820. С. 105–115.

7. Худолій С. М., Гловач Л. В. Прямі та обернені задачі деформування пружних стержнів у криволінійних каналах. Опір матеріалів і теорія споруд. 2009. № 83. С. 147–155.

8. Pylypaka, S., Hropost, V., Kresan, T., Volina, T., Vasyliuk, V. The form of a spiral spring in a free state. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2024. P. 509–517. DOI: <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2023.003213>

9. Kresan T., Pylypaka S., Ruzhylo Z., Rogovskii I., Trokhaniak O. Construction of conical axoids on the basis of congruent spherical ellipses. Archives of Materials Science and Engineering. 2022. Vol. 113(1). P. 13–18. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6967>. Scopus Q2.

10. Kresan T., Pylypaka S., Ruzilo Z., Rogovskii I., Trokhaniak O. Rolling of a single-cavity hyperboloid of rotation on a helicoid on which it bends. Engineering Review. 2021. Vol. 41. No. 3. P. 106–114. <https://doi.org/10.30765/er.1563>.

11. Kresan T., Pylypaka S., Ruzilo Z., Rogovskii I., Trokhaniak O. External rolling of a polygon on a closed curvilinear profile. Acta Polytechnica. 2020. Vol. 60, no 4, p. 313–317. <https://doi.org/10.14311/AP.2020.60.0313>.

12. Pylypaka S. F., Nesvidomin V. M., Klendii M. B., Rogovskii I. L., Kresan T. A., Trokhaniak V. I. Conveyance of a particle by a vertical screw, which is limited by a coaxial fixed cylinder. Bulletin of the Karaganda University – Mathematics. 2019. Vol. 95. Issue

Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Воліна Т. М., Кресан Т. А., Грищенко І. Ю., Бабка В. М., Рибенко І. О., Ребрій А. М.

3. P. 108–118.  
<https://doi.org/10.31489/2019M2/108-119>.

13. Volokha, M., Rogovskii, I., Fryshev, S., Sobczuk, H., Virchenko, G. & Yablonskyi, P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 10(2), F1-F9, [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1).

14. Rogovskii, I.L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*, 12(1), 137–146, <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>

### References

1. Andrusenko, O. M. (2017). Nonlinear bending of drill strings in cylindrical cavities of vertical wells. *Scientific and Technical Journal “Bulletin of the National Transport University”*. Series “Technical Sciences”, 1(37), 3–12. [In Ukrainian].

2. Arendarenko, V. M., Larenko, V. V. (2017). Features of calculating the spring element of the attack angle regulator for a cultivator tine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 122–125. [In Ukrainian].

3. Verbylo, D. H. (2023). Features of studying the deformation behavior of materials during bending tests. *Advances in Materials Science*, (6), 75–85. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/materials2023.06.075>

4. Kresan, T. A., Pylypaka, S. F., Khropost, V. I., Babka, V. M. (2021). Elastic bending of a strip with significant deflection under the action of applied forces and moment. *Applied Geometry and Engineering Graphics*, (101), 137–147. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2021.101.137-147>

5. Lizunov, P. P., Nedin, V. O. (2021). Numerical differentiation of bending shapes of long elastic rods. *Management of Development of Complex Systems*, (46), 70–75. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.70-75>

6. Kharchenko, V. Ye., Korsak, V. I. (2015). Analytical solution of the nonlinear bending problem of an elastic rod. *Lviv*

*Polytechnic Publishing House*, (820), 105–115. [In Ukrainian].

7. Khudolii, S. M., Hlovach, L. V. (2009). Direct and inverse problems of elastic rod deformation in curved channels. *Strength of Materials and Theory of Structures*, (83), 147–155. [In Ukrainian].

8. Pylypaka, S., Hropost, V., Kresan, T., Volina, T., Vasyliuk, V. (2024). The form of a spiral spring in a free state. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 509–517. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2023.003213>

9. Kresan, T., Pylypaka, S., Ruzhylo, Z., Rogovskii, I., Trokhaniak, O. (2022). Construction of conical axoids on the basis of congruent spherical ellipses. *Archives of Materials Science and Engineering*, 113(1), 13–18. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6967>.

10. Kresan, T., Pylypaka, S., Ruzilo, Z., Rogovskii, I., Trokhaniak, O. (2021). Rolling of a single-cavity hyperboloid of rotation on a helicoid on which it bends. *Engineering Review*, 41(3), 106–114. <https://doi.org/10.30765/er.1563>.

11. Kresan, T., Pylypaka, S., Ruzhylo, Z., Rogovskii, I., Trokhaniak, O. (2020). External rolling of a polygon on a closed curvilinear profile. *Acta Polytechnica*, 60(4), 313–317. <https://doi.org/10.14311/AP.2020.60.0313>.

12. Pylypaka, S. F., Nesvidomin, V. M., Klendii, M. B., Rogovskii, I. L., Kresan, T. A., Trokhaniak, V. I. (2019). Conveyance of a particle by a vertical screw, which is limited by a coaxial fixed cylinder. *Bulletin of the Karaganda University – Mathematics*. 95(3), 108–118. <https://doi.org/10.31489/2019M2/108-119>.

13. Volokha, M., Rogovskii, I., Fryshev, S., Sobczuk, H., Virchenko, G. & Yablonskyi, P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 10(2), F1-F9, [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1).

14. Rogovskii, I.L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*, 12(1), 137–146,

## FEATURES OF BENDING OF CURVILINEAR ABSOLUTELY ELASTIC BARS

S. F. Pylypaka, V. I. Khropost, T.M. Volina, T. A. Kresan, I. Yu. Hryshchenko,  
V. M. Babka, I. O. Rybenko, A. M. Rebriy

**Abstract.** *In construction mechanics, the linear theory of bending is used to calculate deflections of beams. It gives an approximate result, but it is quite acceptable for practice, since the deflections of the beams are small compared to their length. In the case of significant deflections of the rods, when the curvature of the elastic axis is significant, a nonlinear theory is used. It is based on the position of resistance of materials, according to which the curvature of the elastic axis is directly proportional to the applied moment and inversely proportional to the stiffness of the rod. Such types of elastic bending are present in agricultural tillage equipment. Thanks to the elasticity of the rods, which can be working bodies or connect the working bodies to the frame of the machine, pulsating loads are extinguished. Bars in the free state can have an initial curvature of the elastic axis, which can be constant or variable. One end of the rod is rigidly attached to the machine frame, and the other is under the influence of the applied force. If the curvature is constant, that is, the elastic axis of the rod is an arc of a circle, then the deformation will be the same regardless of which end of the rod is attached to the frame. For rods with a variable curvature of the elastic axis, this is important. The following cases are considered in the article, corresponding calculations were made on the basis of which the shape of the elastic axis of the rod after its bending was found. Curvilinear rods of variable curvature have a different value at the ends. In this regard, the shape of the elastic axis under the action of the tracking force of the pinched rod will depend on which end it is pinched. The moment under which the elastic axis of the rod is deformed depends on the shoulder, that is, on the length of the arc of the elastic axis. The length of the arc of the curve can increase only in one direction from the reference point. If the rod is clamped at the opposite end, then the direction in which the shoulder grows, i.e. the length of the arc, must be changed. For this purpose, a method of solving this problem is proposed, which allows you to take any section of a curved rod and examine it for bending by the following force when one or the opposite end is pinched.*

**Key words:** *elastic axis, curvature, stiffness, force, moment, bending*

**How to Cite:** Pylypaka, S., Khropost, V., Volina, T., Kresan, T., Hryshchenko, I., Babka, V., Rybenko, I., & Rebriy, A. (2024).

Features of bending of curvilinear absolutely elastic bars. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.019](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.019)

Тітова Л. Л.

УДК 631.225.001.4

## АНАЛІТИЧНІСТЬ АЛГОРИТМУ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ НА ОСНОВІ ОБРОБКИ ШВИДКОЗМІННИХ ВЕЛИЧИН

Л. Л. ТІТОВА, кандидат технічних наук, доцент, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-7313-1253>

E-mail: l\_titova@nubip.edu.ua

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.020](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.020)

**Анотація.** У статті розглядається завдання організації обробки швидкозмінних параметрів та контролю технічного стану бортових систем зернозбиральних комбайнів, яка є особливо актуальною в умовах обмежень, що накладаються її виконанням у режимі реального часу, тобто під час збирання зернових культур зернозбиральними комбайнами. Новизна методики полягає в обґрунтуванні порядку вибору оцінюваних характеристик бортових систем з урахуванням задоволення вимог щодо повноти прийнятого рішення в умовах тимчасових обмежень. Наведено приклад практичного розрахунку застосування методики та зроблено висновки про доцільність її застосування під час аналізу технічного стану бортових інформаційно-керованих систем зернозбиральних комбайнів. Алгоритмічна складність залежить від числа відліків, що потрапили у віконну функцію, ширини (тривалості) віконної функції до кроку віконної функції. Швидкозмінні параметри, для Вейвлет-перетворення та перетворення Фур'є. Число відліків залежить від ширини віконної функції та від інформації зчитування з бортової інформаційно-керованої системи зернозбирального комбайна. Таким чином, обрано алгоритм обробки однієї характеристики. Далі, вибираючи тим самим способом алгоритми обробки для характеристик швидкозмінних параметрів, що залишилися, отримуємо набір з десяти характеристик швидкозмінних параметрів, які обробляються найкращими за показником оперативності алгоритмами з урахуванням вимог за показником точності. Формується безліч альтернатив вирішення поставленого завдання. Альтернатива є однією з характеристик швидкозмінних параметрів, яку можна обробити одним із методів із застосуванням однієї з віконних функцій. Кожна віконна функція, у свою чергу, характеризується своїми характеристиками, такими як ширина, крок та тип вікна, що значно збільшує безліч альтернатив. Таким чином, сформований набір вихідних даних дозволяє врахувати всі необхідні способи обробки швидкозмінних параметрів у реальному часі для вибору найкращого рішення поставленої задачі. Формування скороченого за показником точності набору альтернатив. На цьому кроці розраховується показник точності для кожної альтернативи, після чого з безлічі альтернатив вибираємо ті з них, показник точності яких вище або дорівнює заданому. Таким чином, скорочується набір вихідних даних за показником точності.

**Ключові слова:** контроль, технічний стан, бортова система,

Тітова Л. Л.

*зернозбиральний комбайн, параметр*

**Актуальність.** Розвиток агропромислового комплексу пов'язано з постійним конструктивним ускладненням технічних засобів і логіки процесів, що протікають в них, що тягне за собою підвищення вимог до якості їх контролю та діагностування на різних етапах їх експлуатації (Aulin, et all, 2024). Виконання цих вимог вносить істотні труднощі у процес контролю технічного стану бортових інформаційно-керованих систем зернозбиральних комбайнів особливо в масштабі часу, близькому до реального (Parekh, et all, 2022). Контроль технічного стану бортових інформаційно-керованих систем у масштабі часу, близькому до реального здійснюється на оперативному етапі обробки інформації зернозбиральних комбайнів (Casado-Sanz, Guirao, Attard, 2020). На оперативному етапі обробки інформації вирішуються такі завдання:

- забезпечення безпеки випробувань зернозбиральних комбайнів шляхом оперативного визначення аварійних ситуацій (Abu Dabous, et all, 2021);

- уточнення цільових вказівок для прийняття рішення на управління зернозбиральних комбайнів при відхиленні нормальних умов експлуатації від розрахункової внаслідок позаштатних ситуацій під

час збирання зернових культур (Ahmed, & Gharavi, 2018);

- отримання початкових команд управління для зернозбиральних комбайнів, які можуть та повинні компенсувати позаштатні ситуації під час збирання зернових культур (Dela Cruz, Padilla, Victoria, 2021).

**Актуальною проблемою** на сьогоднішній день є те, що існуючий підхід до контролю технічного стану бортових інформаційно-керованих систем зернозбиральних комбайнів є недостатнім виявлення позаштатних ситуацій на початковому етапі дослідження (Britton, Asnaashari, Read, 2016). Це пов'язано з тим, що на початковому етапі обробки інформації значення показника повноти контролю становить близько 0,1 для зернозбиральних комбайнів «John Deere», тому дослідження, створені задля підвищення показника повноти контролю на початковому етапі обробки та аналізу інформації зернозбиральних комбайнів є актуальними (Chen, X., & Chen, J. 2020).

**Аналіз останніх досліджень.** Повнота контролю є кількісною величиною, яка показує, якою мірою контроль об'єкта за обраною сукупністю параметрів відрізняється від контролю за всіма вихідними параметрами (Gorea, 2016), тобто вона відноситься до показників ефективності вирішення завдань за

Тітова Л. Л.

призначенням (Kuzmich, et all, 2021), і визначаються за формулою:

$$V = \frac{H_{(n)}}{H} \quad (1)$$

де  $H$  – вихідна невизначеність стану досліджуваного об'єкта (ентропія);  $H_{(n)}$  – знята невизначеність;  $n$  – кількість контрольованих характеристик.

Для підвищення показника повноти контролю на початковому етапі обробки інформації зернозбиральних комбайнів існує кілька підходів: апаратний, апаратно-програмний та програмний (Dirnbach, et all, 2020).

Апаратний підхід має на увазі кількісне збільшення апаратних засобів. Це збільшення кількості датчиків як у засобах технічного контролю зернозбиральних комбайнів, і на самих комбайнів, і навіть збільшення кількості засобів обробки інформації (Low, Tekler, Cheah, 2020). Основним недоліком цього є конструктивне ускладнення зернозбиральних комбайнів, що, крім того, веде до проблем, пов'язаних з організацією передачі даних (Oladimeji, et all, 2023).

Апаратно-програмний підхід має на увазі удосконалення бортових інформаційно-керованих систем, а також методів передачі інформації про технічний стан машини (Rogovskii, et all, 2024). До переваг цього підходу можна віднести перехід від групового інформаційного показника до пакетної передачі даних

безпосередньо в базу даних (Padilla-Atondo, et all, 2021). До основного недоліку слід віднести необхідність обробки параметрів, що реєструються кінцевими датчиками (Nazarenko, et all, 2021).

Програмний підхід передбачає вдосконалення методів обробки інформації. У рамках даного підходу, вільного від зазначених раніше недоліків, пропонується (Prytz, et all, 2015), крім обробки повільно змінюваних параметрів, додатково здійснювати обробку швидкозмінних параметрів, на початковому етапі, так як збільшення кількості повільно змінних параметрів незначно підвищує показник повноти контролю порівняно з швидкозмінними параметрами (Rogovskii, Lyubarets, Vorek, 2022). Таким чином, предметом наданої статті є розробка методики обробки швидкозмінних параметрів на початковому етапі обробки інформації зернозбиральних комбайнів (Rogovskii, 2021a).

Завдання вибору інформативних ознак характерні для будь-яких систем виявлення, класифікації чи розпізнавання об'єктів, процесів та явищ (Rogovskii, 2021b). Ці завдання важко формалізувати, оскільки у вирішенні істотну роль грають евристичні методи та використання накопичених статистичних даних

Тітова Л. Л.

(Rogovskii, 2021c). Це стосується повільно змінних параметрів, а для обробки та аналізу швидкозмінних параметрів в реальному часі (на початковому етапі) потрібно, до всього іншого, ще враховувати величезну кількість обмежень (Rogovskii, 2021d), таких як обмеження обчислювальних засобів та тимчасові обмеження (Rolison, et all, 2018). Тому вибір параметрів обробки на початковому етапі залежить від змісту розв'язуваних завдань (Slobodyanyuk, & Gorobchenko, 2020). Вибір однієї й тієї ж інформаційної ознаки об'єкта (Volokha, et all, 2023), що досліджується, може мати високу ефективність для одних завдань і може бути малоефективним у завданнях іншого класу (Young, et all, 2014).

**Мета дослідження.** Метою даної статті є визначення методики контролю технічного стану зернозбиральних комбайнів на основі обробки швидкозмінних параметрів у реальному часі з урахуванням різних обмежень.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Для вирішення задачі обробки швидкозмінних параметрів у реальному масштабі часу (Chen, X., & Chen, J., 2020) розглянемо безліч показників швидкозмінних параметрів. Аналіз документації з обробки параметрів елементів конструкції зернозбиральних комбайнів показав, що з наявності

близько 30 швидкозмінних параметрів у комбайнів число контрольованих показників становить 369, тобто можна ввести до розгляду безліч характеристик швидкозмінних параметрів –  $I = \{i_j | j = \overline{1,369}\}$ . Однак всі характеристики розглядати в рамках статті недоцільно, тому для наочності розглянемо лише 10 з них, що утворюють множину  $I = \{i_j | j = \overline{1,10}\}$ .

Крім розглянутих характеристик необхідно врахувати різномірність інформації зернозбиральних комбайнів та можливість розподіленої обробки швидкозмінних параметрів на різних автоматизованих робочих місцях (Gorea, 2016). Для позначення автоматизованих робочих місць введемо множину  $J = \{j_1, \dots, j_7\}$ .

Основні методи обробки високочастотних сигналів (Padilla-Atondo, et all, 2021) утворюють безліч  $M = \{m_w | w = \overline{1,3}\}$ ; де  $m_1$  – перетворення Фур'є;  $m_2$  – швидке перетворення Фур'є;  $m_3$  – Вейвлет-перетворення.

Щоб усунути обмеження необхідності обробки всього сигналу відразу, необхідно до алгоритму обробки застосувати віконну функцію. Представимо основні типи віконних функцій у вигляді множини  $G = \{g_e | e = \overline{1,5}\}$ , де  $g_1$  – прямокутне вікно;  $g_2$  – вікно Ханнінга;  $g_3$  – вікно Кайзера;  $g_4$  – вікно Блекмана;  $g_{e5}$  – вікно Flat-top.

Тітова Л. Л.

Щоб врахувати можливість перекриття вікон, розглянемо безліч можливих кроків віконної функції  $S = \{S_d | d = \overline{1,5}\}$  де  $S_1 - 0,1$  с;  $S_2 - 0,2$  с;  $S_3 - 0,3$  с;  $S_4 - 0,4$  с;  $S_5 - 0,5$  с.

Представимо також варіанти ширини віконної функції у вигляді множини  $K = \{k_l | l = \overline{1,5}\}$  де  $k_1 - 1$  с;  $k_2 - 2$  с;  $k_3 - 3$  с;  $k_4 - 4$  с;  $k_5 - 5$  с.

Введемо в розгляд безліч  $A_j$ , кожен елемент якого являє собою алгоритм обробки характеристик швидкозмінних параметрів  $i_j$ , при реалізації якого використовуються один з методів  $m_w \in M$ . В результаті отримаємо безліч  $A_j = \{a_{mgsk_z}^j | z = \overline{1,375}\}$ , яке є множиною алгоритмів

$$P = \frac{N\Delta f_{\Pi}}{N\Delta f_{\Pi} + \beta f_s} \quad (2)$$

де  $f_s$  – частота дискретизації сигналу;  $N$  – кількість звітів, що потрапили у віконну функцію;  $\beta$  – коефіцієнт

обробки характеристик швидкозмінних параметрів  $i_j$ .

Безліч  $A_j$  є вектором  $A_j^T_{(375)}$ , що складається з 374 нулів і однієї одиниці. Всі можливі комбінації цих векторів утворюють одиничну матрицю квадратну  $A_{j[375]}$ .

Для матриці  $A_{j[375]}$  необхідно вибрати алгоритм, що задовольняє вимоги щодо точності та оперативності.

Спочатку з елементів  $a_{zz}^j (z = \overline{1,375})$  виберемо такі, які відповідають вимогам точності. Для цього розрахуємо показник точності (Chen, X., & Chen, J., 2020) кожного елемента за формулою

когерентного посилення віконної функції, що характеризує збільшення ширини смуги для обраного вікна.

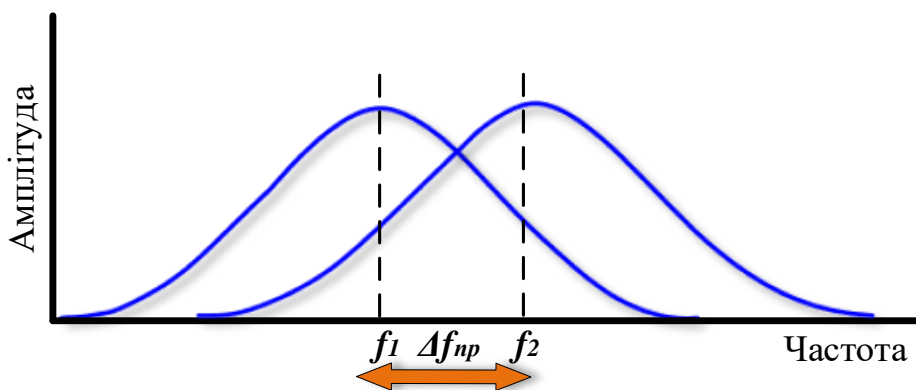


Рис. 1. Графічна візуалізація мінімального необхідного дозволу

Значення показника точності будуть однакові для елементів  $a_{zz}^j (z = \overline{1,375})$ , які не відрізняються застосовуваними методами  $m_w \in M$ , і кроком віконної функції  $S_d \in S$ .

Тобто. рядки матриці  $A_{j[375]}$  утворюють 15 блоків по 25 значень (число поєднань елементів  $m_w \in M$  і  $S_d \in S$ ) показника точності. Таким чином, задане значення показника

Тітова Л. Л.

точності дозволяє вибрати кілька блоків елементів  $a_{zz}^j (z = \overline{1,375})$ , показник точності яких вищий за заданий, що дозволяє значно скоротити матрицю.

$$B = O(n) = O\left(\frac{Nk}{S}\right)$$

де  $O(n)$  – алгоритмічна складність вибраного методу обробки швидкозмінних параметрів. Алгоритмічна складність залежить від числа  $N$  відліків, що потрапили у віконну функцію, ширини (тривалості) віконної функції  $k$  до кроку віконної функції  $S$ .

Наприклад, для швидкозмінних параметрів  $O(n) = \frac{Nk}{S} \log\left(\frac{Nk}{S}\right)$ , для вейвлет-перетворення та перетворення Фур'є  $O(n) = \left(\frac{Nk}{S}\right)^2$ . Число відліків залежить від ширини віконної функції та від інформації зчитування з бортової інформаційно-керованої системи зернозбиральних комбайнів.

Таким чином, обрано алгоритм обробки однієї характеристики. Далі,

$$V = \frac{H(n)}{H} \rightarrow 1 \quad (4)$$

Цільова функція у такій постановці відбиває підвищення повноти контролю як зменшення загальної невизначеності технічний стан, тобто. Чим вище показник повноти, тим більше нештатних ситуацій можна виявити і, тим самим,

Далі з елементів, що залишилися  $A_{j[375]}$  необхідно вибрати той, в якому використовується найшвидший алгоритм обробки характеристики. Показник оперативності має вигляд

вибираючи тим самим способом алгоритми обробки для характеристик швидкозмінних параметрів, що залишилися, отримуємо набір з 10 характеристик швидкозмінних параметрів, які обробляються найкращими за показником оперативності алгоритмами з урахуванням вимог за показником точності.

На другому етапі необхідно максимізувати цільову функцію (1) (Chen, X., & Chen, J., 2020). Іншими словами, необхідно з 10 характеристик швидкозмінних параметрів відібрати такі, при використанні яких показник повноти буде максимальним (Casado-Sanz, Guirao, Attard, (2020). Цільова функція (1) матиме вигляд

скоротити час отримання результатів етапу повної післязбиральної обробки інформації.

Невизначеність, знята за сукупністю контрольованих характеристик (Low, Tekler, Cheah, 2020), має такий вигляд:

$$H(n) = H - H_{(0)} \quad (5)$$

Тітова Л. Л.

де  $H_{(o)}$  – невизначеність, що залишилася в результаті контролю за набором характеристик.

Для обчислення  $H$  скористаємося формулою:

$$H = -P \log(P) - (1 - P) \log(1 - P)$$

де  $P$  – ймовірність того, що значення всіх характеристик  $i_j (j = \overline{1,10})$  потрапили в корисний інтервал, обчислюється за формулою:

$$P = 1 - \prod_{j=1}^{10} (1 - p_j)$$

де  $p_j$  – ймовірність влучення  $i_j (j = \overline{1,10})$  у корисний інтервал (рис. 2), яка обчислюється за формулою:

$$p_j = \frac{\Delta Z_{шт} + \Delta Z_{ншт}}{D}$$

де  $\Delta Z_{шт}$  – інтервал значень характеристики, що відповідає штатній роботі об'єкта (див. рис 2). Довжина інтервалу  $\Delta Z_{шт}$  – довжина відрізка  $|CD|$ .  $\Delta Z_{ншт}$  – інтервал значень характеристики, що відповідає позаштатній роботі об'єкта. Його довжина обчислюється як сума відрізків  $\Delta Z_{ншт}^- = |BC|$  і  $\Delta Z_{ншт}^+ =$

$|DE|$ .  $D$  – весь спектр шкали виміру показники, тобто. відрізок  $|AF|$  рисунку 2.

Усі значення розрахунку корисних інтервалів беруться з інструкцій з оцінки поведінки параметрів конструкції зернозбиральних комбайнів.



Рис. 2. Графічна візуалізація корисного інтервалу.

Невизначеність  $H_{(o)}$ , що залишилася в результаті контролю набору характеристик, обчислюється за формулою:

$$H_o = \prod_{j \in I_n} p_j \left( - \prod_{j \in I_H} p_j \log \left( \prod_{j \in I_H} p_j \right) - \left( 1 - \prod_{j \in I_H} p_j \right) \log \left( \prod_{j \in I_H} p_j \right) \right) \quad (6)$$

де  $I_H$  – множина неконтрольованих характеристик,  $I_n$  – множина контрольованих характеристик.

Об'єднання  $I_H$  та  $I_n$  утворює безліч всіх характеристик.

Враховуючи (6), запишемо формулу (5) у вигляді:

$$H_n = H - \prod_{j \in I_n} p_j \left( - \prod_{j \in I_n} p_j \log \left( \prod_{j \in I_H} p_j \right) - \left( 1 - \prod_{j \in I_H} p_j \right) \cdot \log \left( \prod_{j \in I_H} p_j \right) \right) \quad (7)$$

Графік залежності невизначеності, що залишилася, від кількості характеристик представлений на рисунку 3. Для отримання графіка проведені наступні обчислення: взято 10 характеристик швидкозмінних параметрів  $i_j (j = \overline{1,10})$ , задано значення  $p_j = 0,97$ , після чого за формулою (6) пораховано невизначеність  $H_o$  для наступних наборів параметрів:

– за відсутності контролю характеристик  $H_o = H$ , тобто решта

$$V = 1 - \frac{\prod_{j \in I_n} p_j \left( - \prod_{j \in I_n} p_j \log \left( \prod_{j \in I_H} p_j \right) - \left( 1 - \prod_{j \in I_H} p_j \right) \cdot \log \left( \prod_{j \in I_H} p_j \right) \right)}{H} \quad (8)$$

Показник повноти відбиває ступінь зменшення вихідної невизначеності внаслідок контролю обраного набору характеристик. Якщо контролюються всі можливі характеристики, то показник повноти дорівнює 1, оскільки тоді невизначеність, що залишилася, дорівнює 0. У випадку, коли не

невизначеності дорівнює вихідній невизначеності;

– при контролі 2-х показників

$$H_o = 0,066;$$

– при контролі 4-х показників

$$H_o = 0,024;$$

– при контролі 6-и показників

$$H_o = 0,014;$$

– при контролі 8-и показників

$$H_o = 0,010;$$

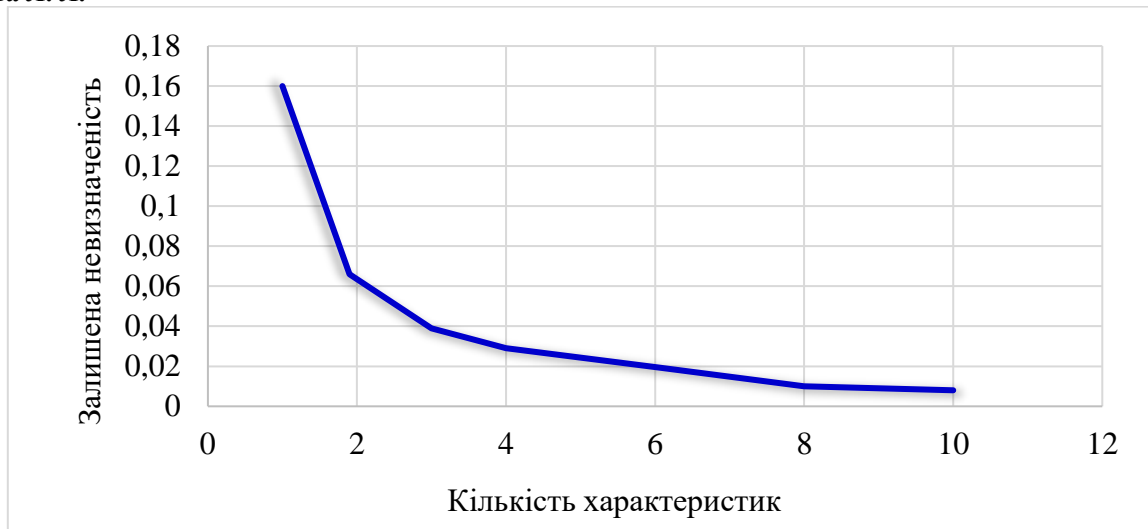
– при контролі всіх показників

$$H_o = 0,007.$$

З урахуванням (7) вираз (1)

подаємо у наступному вигляді:

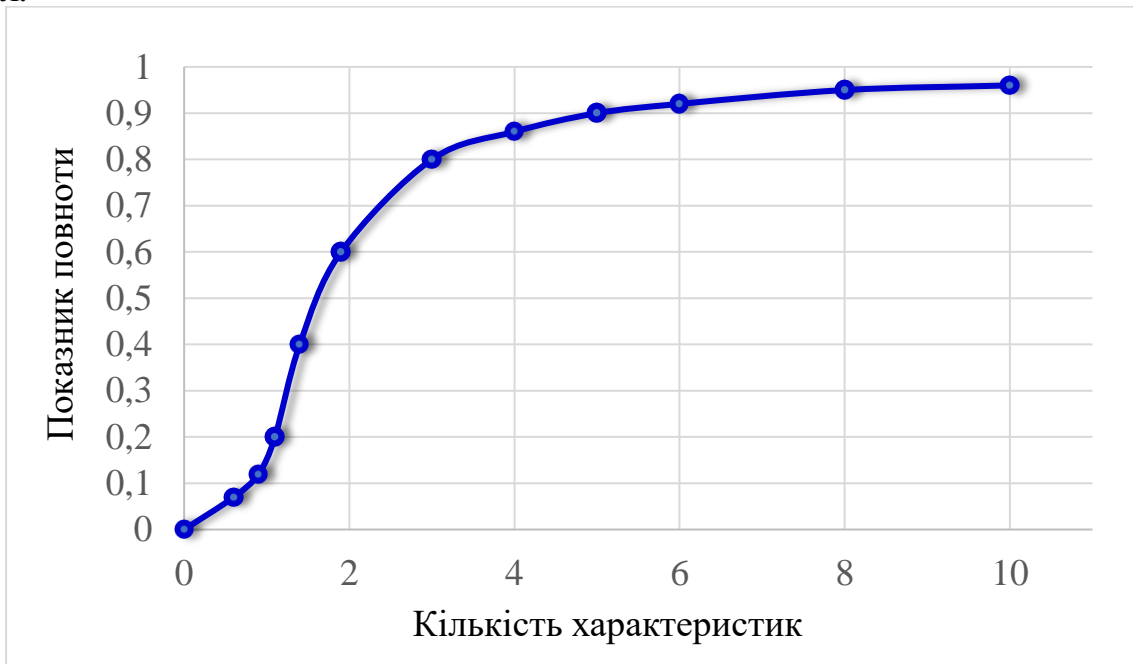
контролюється жодна характеристика, що залишилася невизначеність дорівнює вихідній невизначеності, і показник повноти  $V$  дорівнює 0. Графік залежності повноти від кількості контрольованих характеристик представлений на рисунку 4.



**Рис 3. Графік залежності невизначеності, що залишилася від кількості контрольованих характеристик**

На рисунку 4 по осі ординат відкладено значення показника повноти, а по осі абсцис - кількість контрольованих характеристик набору. Для отримання графіка проведено такі обчислення: взято 10 характеристик швидкозмінних параметрів  $i_j (j = \overline{1,10})$ , задано  $p_j=0,97$ , після чого за формулою (8) розрахований показник повноти  $V$  для наступних наборів характеристик:

- за відсутності контролю  $H_o=0$ ,
- при контролі 2-х параметрів  $V=0,63$ ;
- при контролі 4-х параметрів  $V=0,86$ ;
- при контролі 6 характеристик  $V=0,92$ ;
- при контролі 8 характеристик  $V=0,94$ ;
- при контролі всіх показників  $H=1$ .



**Рис. 4. Графік залежності показника повноти кількості контрольованих характеристик**

З метою аналізу можливості розв’язати задачу оптимальним чином розглянемо існуючі методи оптимізації (Dirnbach, et all, 2020). На

рисунку 5 наведено загальну класифікацію оптимізаційних завдань.



**Рис. 5. Класифікація оптимізаційних завдань**

Наявність обмежень задачі дозволяє вибрати умовні методи оптимізації.

Програмування вирішується оптимізаційна задача, цільова функція та обмеження якої виражені у лінійній формі. Щоб застосувати метод

За допомогою лінійного

Тітова Л. Л.

лінійного програмування до цільової функції, що розглядається, необхідна

$$V \approx \frac{\prod_{j \in I_n} p_j \prod_{j \in I_H} p_j}{H} + 1,$$

що дозволяє вирішувати завдання значно швидше. Однак, до лінійної форми цільову функцію звести не вдалося, тому метод лінійного програмування не підходить для вирішення цього завдання.

У разі коли якість обраного рішення оптимізаційної задачі не вдається описати за допомогою цільової функції, застосовують величини, чисельне значення яких визначається вибором конкретних функцій - функціоналів. Пошук екстремумів функціоналів здійснюється за допомогою варіаційного обчислення (Britton, Asnaashari, Read, 2016). Для вирішення завдання у поточній постановці воно неприйнятне, оскільки обмеження та цільова функція не містять функціоналів.

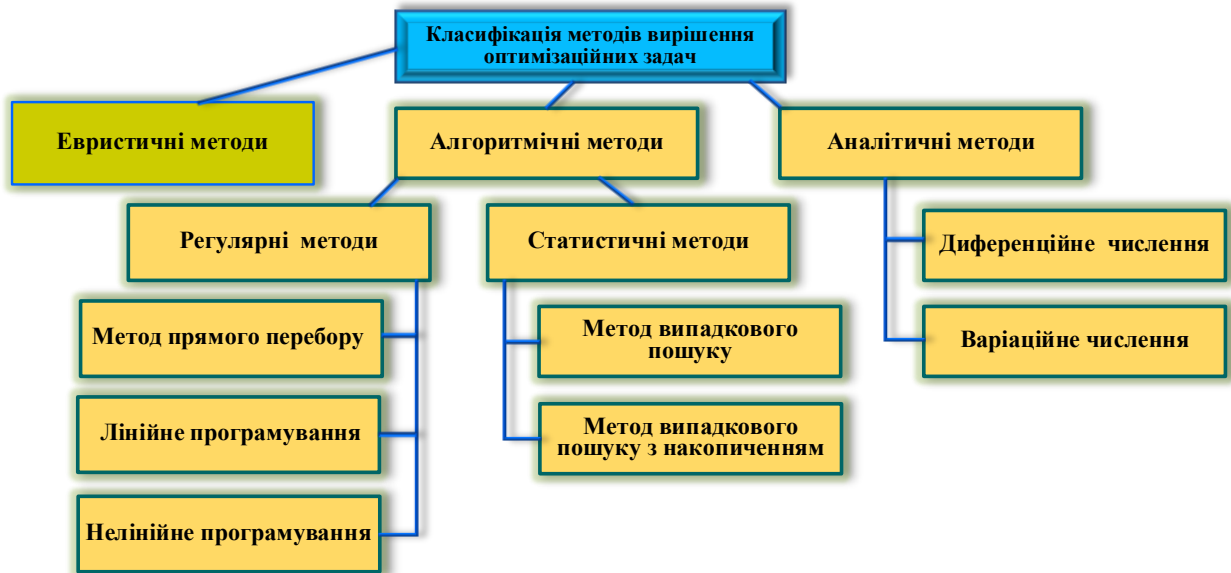
За необхідності визначення оптимального впливу керуючого для перекладу динамічної системи (Dela Cruz, Padilla, Victoria, 2021), що описується системою диференціальних рівнянь у формі Коші, з одного стану в інший,

її лінеаризація. Для цього спростимо вираз (8) і отримаємо вираз:

застосовують методи оптимального управління (Chen, X., & Chen, J., 2020). Для вирішення цього завдання методи оптимального управління не підходять, оскільки цільова функція та обмеження не містять диференціальних рівнянь (Abu Dabous, et all, 2021).

Для вирішення оптимізаційних завдань, у яких нелінійні та (або) цільова функція, та (або) обмеження, застосовують методи нелінійного програмування (Britton, Asnaashari, Read, 2016). Методи цієї групи застосовують для декомпозиції складного завдання на складові компоненти, що повторюються, тобто. за можливості рекурсивного подання цільової функції. Оскільки цільову функцію звести до рекурсивного вигляду не вдалося, а вдалося спростити вираз (8), то застосування методів цієї групи не доцільно.

Класифікація методів розв'язання оптимізаційних завдань (Kuzmich, et all, 2021) представлена на рисунку 6.



**Рис. 6. Класифікація методів розв’язання оптимізаційних завдань**

Методи оптимізації, що входять до груп аналітичних та регулярних методів, розглянуті раніше, тому перейдемо до статистичних методів.

Під випадковими або статистичними методами розуміють методи, що використовують елемент випадковості або при зборі інформації про цільову функцію при пробних кроках, або для покращення значень функції при робочому кроці (Gorea, 2016). Серед переваг цих методів виділяють простоту реалізації, універсальність, можливість введення операцій навчання в алгоритм пошуку та можливість введення операцій прогнозування оптимальної точки, крім того, обчислювальні витрати в детермінованих методах пошуку зі зростанням розмірності зростають швидше, ніж у статистичних алгоритмах (Gorea, 2016).

Таким чином, представлена класифікація оптимізаційних завдань,

дозволяє зробити вибір найкращого методу її вирішення в предметній галузі, що розглядається, яким є метод статистичного пошуку. У зв’язку з цим рішення поставленого завдання буде сатисфакційним.

Розглянемо застосування методики практичному прикладі. Як приклад представлений набір з 26250 альтернатив. Кількість альтернатив отримано як число поєднань з 10 наведених раніше характеристик, 3-х методів обробки характеристик, 5 віконних функцій, 5 варіантів розмірів віконних функцій, 5 варіантів кроків віконних функцій і 7 варіантів вузлів обробки. Ця кількість розглядається для прикладу, оскільки в зернозбиральних комбайнах використовується 369 характеристик та значно більше за інших змінних. Розгляд повного набору змінних призведе до розгляду близько 2млн. альтернатив, що є недоцільним у

Тітова Л. Л.

рамках цієї статті.

Для початку зменшимо безліч альтернатив за показником точності (2), який дозволяє задати нижню межу показника точності та обмежити кількість варіантів алгоритмів обробки кожної характеристики. Провівши розрахунки та обравши нижню межу значення показника точності 0,95, скоротимо кількість альтернатив до 1825 розрахунки представляються у вигляді таблиці.

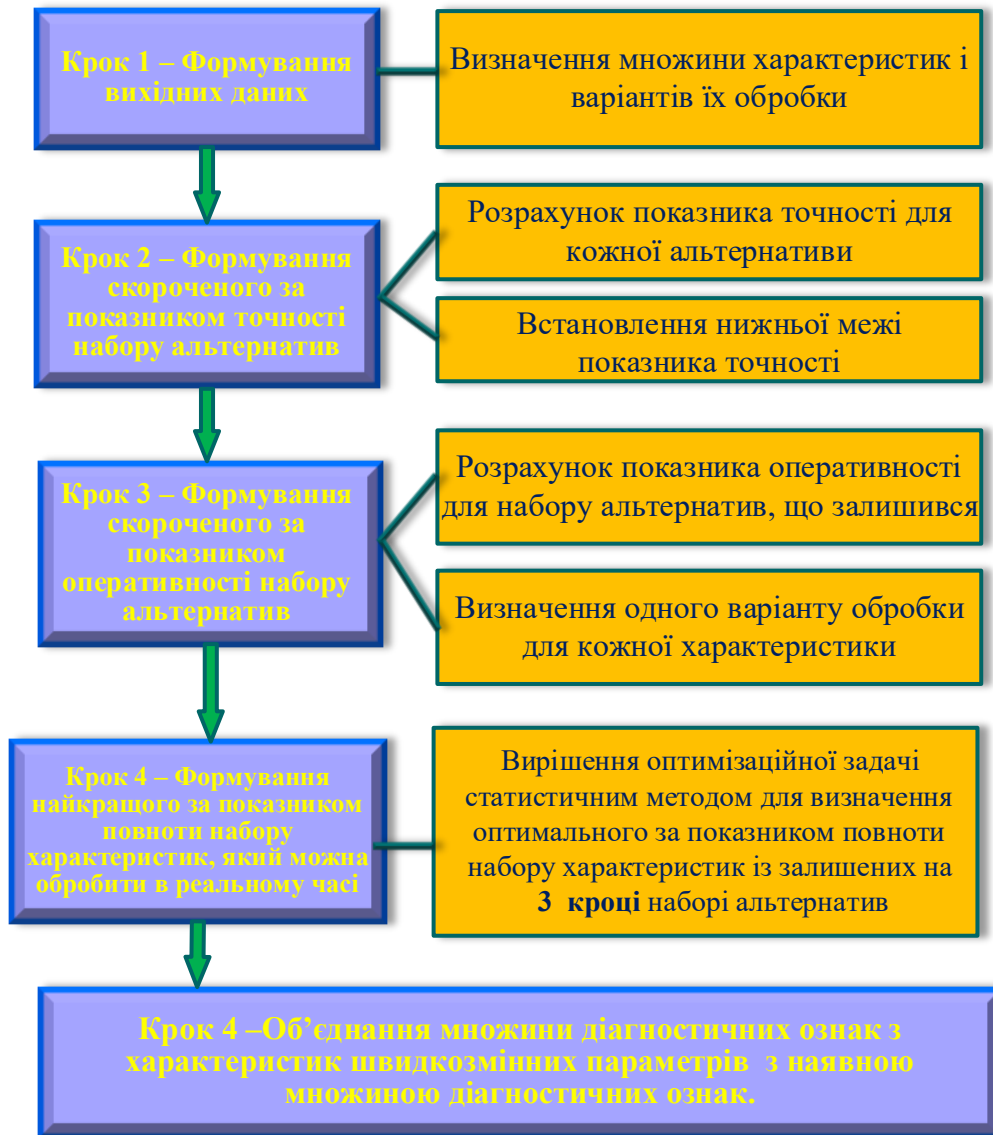
На рисунку 7 перший стовпець відповідає порядковому номеру альтернативи. Під альтернативою розуміється характеристика, яка складається з назви характеристики (стовпець 2), діапазону частот (стовпець 3) та допускового інтервалу значень характеристики (стовпець 4). Стовпець 5 – метод обробки; стовпець 6 – номер вузла обробки; стовпець 7 – тип віконної функції; стовпець 8 – розмір віконної функції; стовпець 9 – крок віконної функції; стовпець 10 – значення показника точності кожної альтернативи; стовпець 11 – значення показника оперативності кожної альтернативи (Dirnbach, et all, 2020). Показник оперативності вимірюється у одиницях елементарних операцій, тобто чим менше необхідно виконати елементарних операцій для

розрахунку, тим краще альтернатива.

Далі розрахуємо показник повноти. Методика розрахунку показника повноти (Low, Tekler, Cheah, (2020), дозволяє вибрати такий набір характеристик, при якому повнота буде не менш заданою при мінімальній кількості характеристик, що оцінюються (Kuzmich, et all, 2021). У розглянутому прикладі знайдено мінімальний набір характеристик, показник повноти якого не менший за заданий (не менше 0,8).

Отриманий набір характеристик може бути оброблений в масштабі часу, близькому до реального, вибраним способом на вибраних вузлах, що дозволяє використовувати їх як діагностичні ознаки, якими доповниться безліч діагностичних ознак, сформованих на основі повільно змінних та сигнальних параметрів, для аналізу технічного стану зернозбиральних комбайнів на початковому етапі за допомогою застосовуваних методів аналізу (Oladimeji, et all, 2023).

Таким чином, розроблено методику обробки швидкозмінних параметрів у реальному масштабі часу, схема якої представлена на рисунку 7.



**Рис. 7. Методика обробки швидкозмінних параметрів у реальному часі**

Крок 1. Формування вихідних даних. На цьому етапі формується безліч альтернатив вирішення поставленого завдання. Альтернатива є однією з характеристик швидкозмінних параметрів, яку можна обробити одним із методів із застосуванням однієї з віконних функцій. Кожна віконна функція, у свою чергу, характеризується своїми характеристиками, такими як ширина, крок та тип вікна, що значно збільшує безліч альтернатив. Таким чином,

сформований набір вихідних даних дозволяє врахувати всі необхідні способи обробки швидкозмінних параметрів у реальному часі для вибору найкращого рішення поставленої задачі.

Крок 2. Формування скороченого за показником точності набору альтернатив. На цьому кроці розраховується показник точності для кожної альтернативи, після чого з безлічі альтернатив вибираємо ті з них, показник точності яких вище або

Тітова Л. Л.

дорівнює заданому. Таким чином, скорочується набір вихідних даних за показником точності.

Крок 3. Формування скороченого за показником оперативності набору альтернатив. На цьому етапі розраховується показник оперативності кожної альтернативи. Після цього вибираються альтернативи, у яких кожній характеристиці відповідає єдиний, найкращий за показником оперативності, алгоритм її обробки. Таким чином, сформовано набір вихідних даних, в якому для кожної характеристики вибрано лише один алгоритм її обробки.

Крок 4. Формування найкращого за показником повноти набору характеристик, який можна обробити в реальному часі. На цьому кроці методом перебору поєднань вибирається мінімальна кількість характеристик, оцінювання яких забезпечить повноту рішення про технічний стан бортової інформаційно-керованою системою зернозбиральних комбайнів не менш заданої.

Крок 5. Об'єднання множини діагностичних ознак з характеристик швидкозмінних параметрів з наявною множиною діагностичних ознак. На цьому кроці формується нова вимога до програми вимірювань та внесення змін до інструкції з оцінки роботи бортової інформаційно-керованої системи зернозбиральних комбайнів.

## Висновки.

1. Поставлено та вирішено завдання обробки швидкозмінних параметрів у реальному часі з урахуванням різних обмежень. Розв'язання задачі пов'язане з підготовкою вихідних даних, що враховують кількість швидкозмінних параметрів, кількість їх характеристик, враховано варіанти застосування різних алгоритмів обробки характеристик. Кількість алгоритмів, що розглядаються, залежить від досліджуваних наборів віконних функцій, розмірів віконних функцій, кроків віконних функцій, а також методів цифрової обробки сигналів.

2. Для вирішення поставленого завдання розроблено методику контролю технічного стану бортової інформаційно-керованої системи зернозбиральних комбайнів на основі обробки швидкозмінних параметрів, яка дозволяє підвищити повноту контролю на початковому етапі обробки інформації. Методика дозволяє вибрати найкращий за показником повноти, оперативності та точності набору характеристик швидкозмінних параметрів, а також підготувати діагностичні ознаки на основі характеристик швидкозмінних параметрів та доповнити ними безліч діагностичних ознак, сформованих на основі повільно змінних параметрів. Це дозволить підвищити повноту контролю технічного стану бортової інформаційно-керованої системи у

Тітова Л. Л.

масштабі часу близького до

**References**

1. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hryniv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O. & Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.
2. Parekh, D., Poddar, N., Rajpurkar, A., Chahal, M., Kumar, N., Joshi, G. P. & Cho, W. (2022). A review on autonomous vehicles: progress, methods and challenges. *Electronics*, 11 (14), 2162. <https://doi.org/10.3390/electronics11142162>.
3. Casado-Sanz, N., Guirao, B. & Attard, M. (2020). Analysis of the risk factors affecting the severity of traffic accidents on spanish crosstown roads: the driver's perspective. *Sustainability*, 12 (6), 2237. <https://doi.org/10.3390/su12062237>.
4. Abu Dabous, S., Ibrahim, F., Feroz, S. & Alsyof, I. (2021). Integration of failure mode, effects, and criticality analysis with multi-criteria decision-making in engineering applications: Part I – Manufacturing industry. *Engineering Failure Analysis*, 122, 105264. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105264>.
5. Ahmed, E., Gharavi, H. (2018). Cooperative vehicular networking: a survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19 (3), 996–1014. <https://doi.org/10.1109/tits.2018.2795381>.
6. Dela Cruz, O.G., Padilla, J.A. & Victoria, A.N. (2021). Managing Road Traffic Accidents: A Review on Its Contributing Factors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 822 (1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/822/1/012015>.
7. Britton, M., Asnaashari, S. & Read, G. (2016). Analysis of train derailment cause and outcome in Victoria, Australia, between 2007 and 2013: implications for regulation. *Journal of Transportation Safety & Security*, 9 (1), 45–63.
8. Chen, X., Chen, J. (2020). Optimization of the impeller geometry for an automotive torque converter using response surface methodology and desirability function. *Open Journal of Applied Sciences*, 10 (07), 455–475. <https://doi.org/10.1080/19439962.2015.1088906>.
9. Gorea, R. K. (2016). Financial impact of road traffic accidents on the society. *International Journal of Ethics, Trauma & Victimology*, 2 (01), 6–9. <https://doi.org/10.18099/ijetv.v2i1.11129>.
10. Kuzmich, I.M., Rogovskii, I.L., Titova, L.L. & Nadtochiy, O.V. (2021). Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 677, 052002, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.
11. Dirnbach, I., Kubjatko, T., Kolla, E., Ondruš, J. & Šarić, Ž. (2020). Methodology Designed to Evaluate Accidents at Intersection Crossings with Respect to Forensic Purposes and Transport Sustainability. *Sustainability*, 12 (5), 1972. <https://doi.org/10.3390/su12051972>.
12. Low, R., Tekler, Z. & Cheah, L. (2020). Predicting commercial vehicle parking duration using generative adversarial multiple imputation networks. *transportation research record. Journal of the Transportation Research Board*, 2674(9), 820–831. <https://doi.org/10.1177/0361198120932166>.
13. Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N., Gundogan, K., Ge, L. & Liang, F. (2023). Smart transportation: an overview of technologies and applications. *Sensors*, 23 (8), 3880. <https://doi.org/10.3390/s23083880>.
14. Rogovskii, I., Sivak, I., Shatrov, R., & Nadtochiy, O. (2024). Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. *Engineering of Rural Development*, 23, 965–970. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF195>.
15. Padilla-Atondo, J. M., Limon-Romero, J., Perez-Sanchez, A., Tlapa, D., Baez-Lopez, Y., Puente, C. & Ontiveros, S. (2021). The impact of hydrogen on a stationary

Тітова Л. Л.

gasoline-based engine through multi-response optimization: a desirability function approach. *Sustainability*, 13 (3), 1385. <https://doi.org/10.3390/su13031385>.

16. Nazarenko, I., Bernyk, I., Dedov, O., Rogovskii, I., Ruchynskiy, M., Pereginets, I., & Titova, L. (2021). Research of technical systems of processes of mixing materials. Dynamic processes in technological technical systems. Kharkiv: PC Technology Center. 57-76. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4>.

17. Prytz, R., Nowaczyk, S., Rögnvaldsson, T. & Byttner, S. (2015). Predicting the need for vehicle compressor repairs using maintenance records and logged vehicle data. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 41, 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.02.009>.

18. Rogovskii, I., Lyubarets, B. & Borek, K. (2022). Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*, 13(1), 67–76. <https://doi.org/10.31548/machenergy2022.01.067>.

19. Rogovskii, I.L. (2021a). Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*, 12(4), 129–138. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>

20. Rogovskii, I.L. (2021b). Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*, 12(3), 157–166. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.03.157>

21. Rogovskii, I.L. (2021c). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*, 12(1), 137–146. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

22. Rogovskii, I. L. (2021d). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*, 12(2), 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

23. Rolison, J., Regev, S., Moutari, S. & Feeney, A. (2018). What are the factors that contribute to road accidents? An assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records. *Accident Analysis & Prevention*, 115, 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.025>.

24. Slobodyanyuk, M., Gorobchenko, O. (2020). Structural analysis of territorial transport systems based on classification methods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4(103)), 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194158>.

25. Volokha, M., Rogovskii, I., Fryshev, S., Sobczuk, H., Virchenko, G. & Yablonskyi, P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 10(2), F1-F9, [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1).

26. Young, W., Sobhani, A., Lenné, M. & Sarvi, M. (2014). Simulation of safety: A review of the state of the art in road safety simulation modelling. *Accident Analysis & Prevention*, 66, 89–103. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.01.008>.

## ANALYTICS OF ALGORITHM FOR CONTROL OF TECHNICAL CONDITION PARAMETERS OF ON-BOARD SYSTEM OF GRAIN HARVESTER BASED ON PROCESSING OF FAST-CHANGING VALUES

L. L. Titova

**Abstract.** *The article considers the task of organizing the processing of rapidly changing parameters and monitoring the technical condition of on-board systems of combine harvesters, which is especially relevant in the conditions of restrictions imposed by its implementation in real time, that is, during the harvesting of grain crops*

Тітова Л. Л.

*by combine harvesters. The novelty of the methodology consists in justifying the order of selection of the evaluated characteristics of on-board systems, taking into account the satisfaction of the requirements regarding the completeness of the decision made under the conditions of time constraints. An example of a practical calculation of the application of the method is given and conclusions are drawn about the expediency of its application during the analysis of the technical condition of the on-board information-controlled systems of grain harvesters. Algorithmic complexity depends on the number of counts included in the window function, the width (duration) of the window function, and the step of the window function. Fast-changing parameters for wavelet transform and Fourier transform. The number of counts depends on the width of the window function and on the reading information from the on-board information-controlled system of the grain harvester. Thus, the algorithm for processing one characteristic was chosen. Further, choosing processing algorithms for the characteristics of the remaining fast-changing parameters in the same way, we obtain a set of ten characteristics of the fast-changing parameters, which are processed by the algorithms best in terms of efficiency, taking into account the requirements of the accuracy indicator. Many alternatives for solving the task are being formed. An alternative is one of the characteristics of fast-changing parameters, which can be processed by one of the methods using one of the window functions. Each window function, in turn, is characterized by its own characteristics, such as width, pitch and window type, which greatly increases the number of alternatives. Thus, the formed set of initial data allows you to take into account all the necessary methods of processing rapidly changing parameters in real time for choosing the best solution to the given task. Formation of a set of alternatives reduced by the accuracy index. At this step, the accuracy index is calculated for each alternative, after which we select those whose accuracy index is higher than or equal to the given one from the set of alternatives. Thus, the set of original data is reduced by the accuracy indicator.*

**Key words:** control, technical condition, on-board system, combine harvester, parameter

**How to Cite:** Titova, L. (2024). Analytics of algorithm for control of technical condition parameters of on-board system of grain harvester based on processing of fast-changing values. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.020](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.020)

Ничай І. М.

УДК 631.001.4

**АНАЛІТИЧНІСТЬ МАРКІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ ОПИСУ КОЕФІЦІЄНТУ  
ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**І. М. НИЧАЙ, аспірант, <https://orcid.org/0000-0003-3720-5061>E-mail: [nychay@nubip.edu.ua](mailto:nychay@nubip.edu.ua)*Національний університет біоресурсів і природокористування України*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.021](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.021)

**Анотація.** У статті наведено результати дослідження впливу умов та режимів експлуатації на технічний стан зернозбиральних комбайнів. Зернозбиральний комбайн у процесі експлуатації поступово втрачає свою працездатність. Для забезпечення стійкої роботи парку сільськогосподарських машин, підтримки його технічного стану та підвищення експлуатаційної надійності проводиться технічний контроль зернозбиральних комбайнів. Аналіз технічного стану зернозбиральних комбайнів показав, що залишається високим відсоток несправних зернозбиральних комбайнів, простої на всіх видах ремонту та кількість непланових ремонтів. Одними з основних причин такого стану є низький рівень організації та якості технічного контролю, недостатня механізація технологічних процесів. Базовим елементом технологічної підготовки ремонтного виробництва є розробка технологічного процесу, що забезпечує наявність на підприємстві повного комплексу технологічної документації для організації та проведення технічного обслуговування та ремонтів тягового рухомого складу. При розробці технологічних процесів ремонту проводиться вибір технологічних операцій та засобів їх технологічного оснащення, нормативні документи вимог на допуски, зазори, зусилля посадок, напресовок, різьбових з'єднань, якість обробки, точність збирання тощо. З розроблених технологічних операцій визначаються технічні умови для розробки нестандартного технологічного устаткування. Як цільову функцію взято раціональну періодичність обслуговування зернозбиральних комбайнів, а саме раціональний час між обслуговуваннями. Аналіз результатів відомих робіт з математичного моделювання та періодичності ремонту та обслуговування складних технічних систем на основі марківських та напівмарківських процесів дозволив запропонувати як критерії моделювання цільової функції комплексні критерії: функціонал готовності, що застосовується для оцінки допустимого часу та функціонал технічного використання, що дозволяє визначати значення оптимального часу між обслуговуваннями зернозбиральний комбайна за технічним параметром в точці максимуму.

**Ключові слова.** зернозбиральний комбайн, експлуатація, надійність, обладнання, технічна готовність, технічний контроль

**Актуальність.** Технолігічна вимоги до їх працездатності та складність ремонту сучасних ресурсу призводять до зростання зернозбиральних комбайнів, високі обсягу та вимог до якості

Ничай І. М.

технологічної підготовки ремонтного обладнання (Schultz, et all, 2020). Результатом технологічної підготовки є технологічна готовність виробництва, яка визначається наявністю на ремонтному підприємстві повних комплектів конструкторської та технологічної документації та засобів технологічного оснащення для здійснення заданого обсягу випуску з ремонту зернозбиральних комбайнів (Kuzmich, et all, 2021).

#### **Аналіз останніх досліджень.**

Головною причиною високого рівня пошкоджень та несправностей зернозбиральних комбайнів є незадовільна якість поточних ремонтів та технічного обслуговування (Lindström, Franchini, Nolasco, 2022). З цієї причини відбувається 57,0–59,2 % відмов та 32,0–43,9 % непланових ремонтів двигунів та 62,7–69,5 % відмов та 43,1–46,7 % непланових ремонтів жатки від загальної кількості (Aulin, et all, 2024; Vladyslav, 2022; Rogovskii, et all, 2024; Nazarenko, et all, 2021; Dela Cruz, Padilla, Victoria, 2021; Rogovskii, Lyubarets, Borek, 2022; Volokha, et all, 2023; Rogovskii, 2021a).

Актуальною проблемою на сьогоднішній день є те, що для поліпшення технічного стану та експлуатаційної надійності зернозбиральних комбайнів необхідне вдосконалення технологічної готовності виробництва при технічному контролі

за допомогою розробки та впровадження сучасних технологічних процесів та спеціалізованого нестандартного ремонтного та діагностичного обладнання (Rogovskii, 2021b).

Вибрані критерії представлені виразами у вигляді функціоналів від конструктивних та технологічних параметрів і дозволяють оцінювати вплив цих параметрів на технічний стан зернозбирального комбайна (Casado-Sanz, Guirao, Attard, 2020; Rogovskii, 2021c). За допомогою отриманих виразів можна визначати вихідну інформацію для технічних умов на проектування та вдосконалення технологічних процесів технічного контролю, нестандартного обладнання та оснащення (Abu Dabous, et all, 2021).

**Мета дослідження.** Метою даної статті є аналіз факторів, що впливають на експлуатаційну надійність, причин зносу і пошкоджень деталей та вузлів зернозбиральних комбайнів.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Наведено результати моделювання процесів ТК зернозбиральних комбайнів з визначенням періодичності обслуговування за технічними параметрами.

Як цільову функцію взято раціональну періодичність обслуговування зернозбиральних комбайнів  $T_{\text{рац}}$ , а саме раціональний час між обслуговуваннями.

Ничай І. М.

Аналіз результатів відомих робіт з математичного моделювання та періодичності ремонту та обслуговування складних технічних систем на основі: марківських та напівмарківських процесів дозволив запропонувати як критерії моделювання цільової функції комплексні критерії: функціонал готовності  $K_T(T)$ , що застосовується

$$K_{ТВ}(T) = \frac{T_{роб.k}[T]}{T_{роб.k}[T,\beta] + T_{АР.k}[T,\beta] + T_{ТО.k}[T]} \quad (1)$$

$$K_T(T) = \frac{T_{роб.k}[T]}{T_{роб.k}[T,\beta] + T_{АР.k}[T,\beta]} \quad (2)$$

де  $T_{роб.k}[T]$  – функція істинного часу знаходження зернозбирального комбайна по досліджуваному  $k$ -му параметру в станах функціонування при  $k = \overline{1, N}$ ;  $N$  – число технічних параметрів, якими обслуговується зернозбиральний комбайн;  $T_{роб.k}[T, \beta]$ ,  $T_{АР.k}[T, \beta]$ ,  $T_{ТО.k}[T]$  – функції спостережуваного часу знаходження зернозбирального комбайна по  $k$ -му параметру в станах

для оцінки допустимого часу  $T_{дод}$ , та функціонал технічного використання  $K_{ТВ}(T)$ , що дозволяє визначати значення оптимального часу  $T_{опт}$  між обслуговуваннями зернозбиральний комбайна за  $k$ -м технічним параметром в точці максимуму  $K_{ТВ}(T)$ . Функціонали визначаються виразами:

функціонування, аварійного або планового ремонту відповідно при  $0 \leq \beta \leq 1$ ;  $T$  - час між ТК;  $\beta$  - помилки діагностування другого роду.

Типові графіки залежностей  $K_{ТВ}(T)$  та  $K_T(T)$  від часу між ремонтами зернозбиральний комбайна та їх використання для визначення  $T_{рац}$  ( $T_{опт} \leq T_{рац} \leq T_{дод}$ ) наведено на рис. 1.

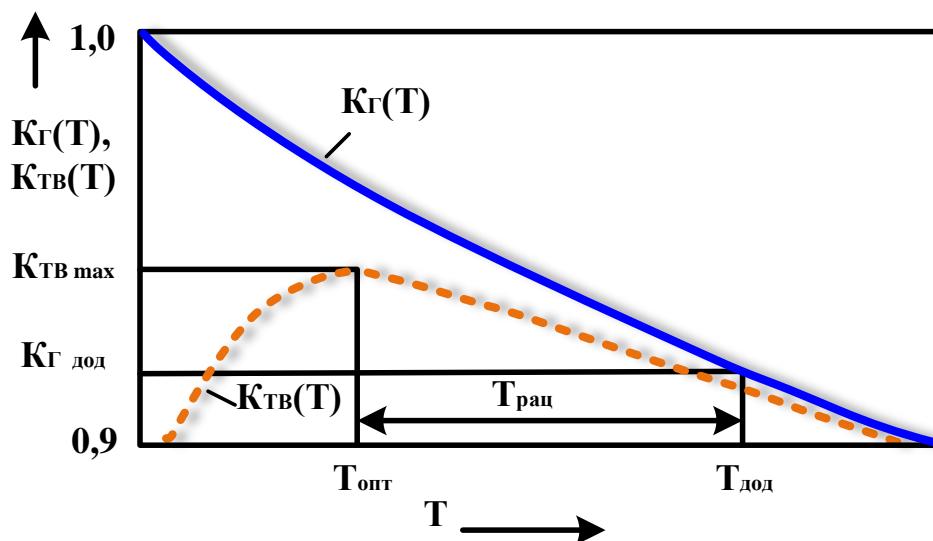


Рис. 1. Залежності  $K_{ТВ}(T)$  та  $K_T(T)$  від часу

Вибір конкретного значення часу  $T_{рац}$  визначається додатковим

Ничай І. М.

вартісним критерієм  $C_{\text{рац}}$ . Для досягнення найбільшої достовірності результатів необхідно використовувати моделі, що враховують помилки діагностування.

Технічний стан деталей і вузлів зернозбирального комбайна, які визначають значення  $k$ -го параметра, може бути таким: справним ( $S_0$ ); розрегулювання ( $S_1$ ) явної відмови

( $S_2$ ); прихованої відмови ( $S_3$ ); помилкової відмови ( $S_4$ ); обслуговування справного вузла ( $S_{T0}$ ); обслуговування розрегульованого вузла ( $S_{1T0}$ ); обслуговування вузла, що знаходиться в прихованій відмові, ( $S_{3T0}$ ).

Граф станів представлений на рисунку 2.

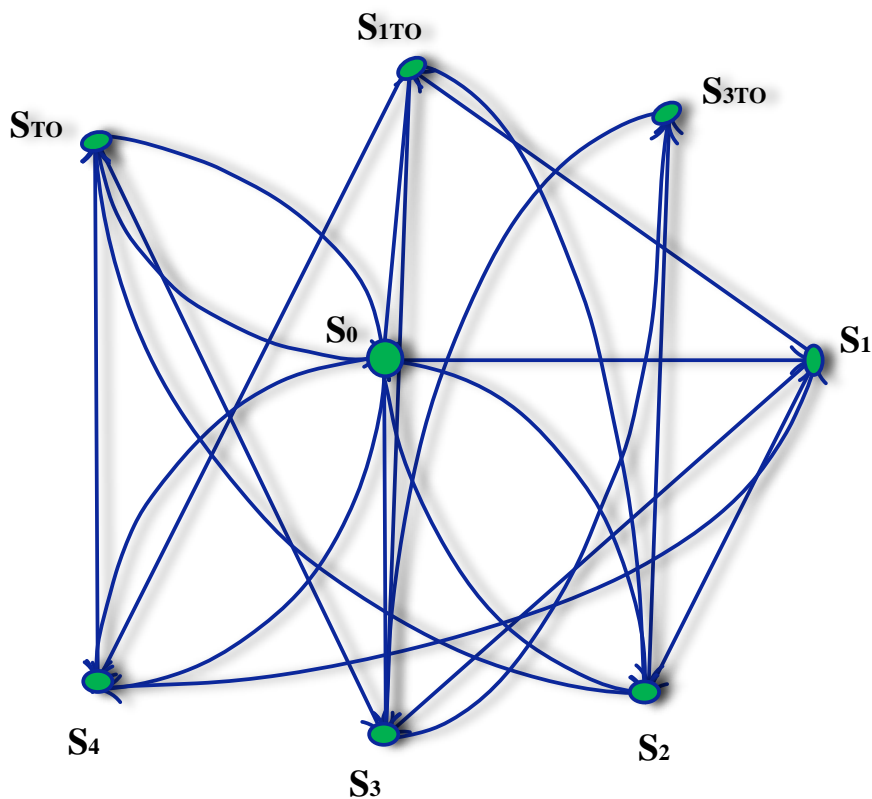


Рис. 2. Граф станів, що враховує вплив помилок діагностування

Перехідні ймовірності визначаються виразом:

$$\bar{\pi} = |\pi_0(T) \pi_1(T) \pi_2(T) \pi_3(T) \pi_4(T) \pi_{T0}(T) \pi_{1T0}(T) \pi_{3T0}(T)| \quad (3)$$

За умови  $\begin{cases} \pi_i = \bar{\pi}P \\ \sum \pi_i = 1 \end{cases}$  отримаємо систему рівнянь:

Ничай І. М.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \pi_0(T) = \pi_2(T) + \pi_4(T) + (1 - \alpha_2)[1 - F_{T0}(t_p)]\pi_{T0}(T) + \\
 \quad + (1 - \alpha_2)[1 - F_{T0}(t_p)]\pi_{1T0}(T); \\
 \pi_1(T) = [1 - F_{02}(T)]F_{01}(T)\pi_0(T); \\
 \pi_2(T) = (1 - \beta_1)F_{02}(T)\pi_0(T) + (1 - \beta_1)F_{12}(T)\pi_1(T) + (1 - \beta_2) \cdot \\
 \quad \cdot F_{T0}(t_p)\pi_{T0}(T) + (1 - \beta_2)F_{T0}(t_p)\pi_{1T0}(T) + (1 - \beta_2)\pi_{3T0}(T); \\
 \pi_3(T) = \beta_1F_{02}(T)\pi_0(T) + \beta_1F_{12}(T)\pi_1(T) + \beta_2F_{T0}(t_p)\pi_{T0}(T) + \\
 \quad + \beta_2F_{T0}(t_p)\pi_{1T0}(T) + \beta_2\pi_{3T0}(T); \\
 \pi_4(T) = \alpha_1[1 - F_{02}(T)][1 - F_{01}(T)]\pi_0(T) + \alpha_1[1 - F_{12}(T)]\pi_1(T) + \\
 \quad + \alpha_2[1 - F_{T0}(t_p)]\pi_{T0}(T) + \alpha_2[1 - F_{T0}(t_p)]\pi_{1T0}(T); \\
 \pi_{T0}(T) = (1 - \alpha_1)[1 - F_{02}(T)][1 - F_{01}(T)]\pi_0(T); \\
 \pi_{1T0}(T) = (1 - \alpha_1)[1 - F_{12}(T)]\pi_1(T); \\
 \pi_{3T0}(T) = \pi_3(T); \\
 \pi_0(T) + \pi_1(T) + \pi_2(T) + \pi_3(T) + \pi_4(T) + \pi_{T0}(T) + \pi_{1T0}(T) + \pi_{3T0}(T) = 1
 \end{array} \right. \quad (4)$$

Справжнє час знаходження аналізованих станах:  
зернозбиральний комбайна в

$$\omega_i(T) = \sum_j P_{ij} dF_{ij}(\tau_{ij}) \quad (5)$$

де  $P_{ij}$  – ймовірність переходу з аналізованого стану в працездатний;  $\tau_{ij}$  – час перебування системи у цих станах;  $F_{ij}$  – функції розподілу часу кроку процесу. Спостережуваний час обумовлено наявністю помилок діагностування і визначається всім станів, у яких перебуває зернозбиральний комбайн, за такими формулам:

$$\begin{aligned}
 v_0(T) &= \omega_0(T) + \beta_1 \int_0^T F_{02}(\tau) d\tau; \\
 v_1(T) &= (1 - \alpha_1) \int_0^T [1 - F_{12}(\tau)] + \beta_1 \int_0^T F_{12}(\tau) d\tau; \\
 v_1(T) &= \omega_1(T) + \beta_1 \int_0^T F_{12}(\tau) d\tau; \quad v_2(T) = t_p + t_s + t_a; \\
 v_3(T) &= T; \quad v_4(T) = t_p; \\
 v_{T0}(T) &= (1 - \alpha_2) \int_0^{t_p} [1 - F_{T0}(\tau)] d\tau + \beta_2 \int_0^{t_p} F_{T0}(\tau) d\tau; \\
 v_{1T0}(T) &= (1 - \alpha_2) \int_0^{t_p+t_s} [1 - F_{T0}(\tau)] d\tau + \beta_2 \int_0^{t_p+t_s} F_{T0}(\tau) d\tau; \quad v_{3T0}(T) = t_p
 \end{aligned} \quad (6)$$

Ничай І. М.

Результати розрахунку за параметром технічний стан жатки наведено на рис. 3. Отриманий теоретично інтервал періодичності технічного контролю  $1400 \leq T_{\text{рац}} \leq$

1700 дозволяє вибрати періодичність технічного контролю, кратну чинним нормам.

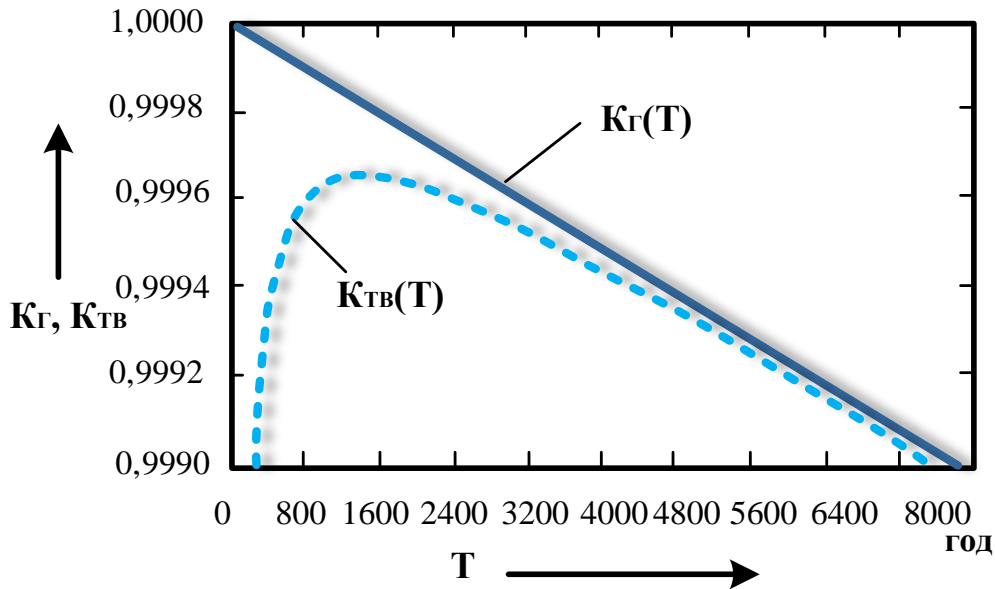


Рис. 3. Розрахунок  $T_{\text{рац}}$  для жатки зернозбирального комбайна

Використовуючи напівмарківські моделі обслуговування, отримуємо

вирази для розрахунку комплексних показників надійності:

$$K_T = \frac{\pi_0(T)\omega_0(T) + \pi_1(T)\omega_1(T)}{\pi_0(T)v_0(T) + \pi_1(T)v_1(T) + \pi_2(T)v_2(T) + \pi_3(T)v_3(T)}; \quad (7)$$

$$K_{TV} = \frac{(\pi_0(T)\omega_0(T) + \pi_1(T)\omega_1(T)) / \tau_{TO_k}(T)}{\pi_0(T)v_0(T) + \pi_1(T)v_1(T) + \pi_2(T)v_2(T) + \pi_3(T)v_3(T) + \pi_{1TO}(T)v_{1TO}(T) + \pi_{3TO}(T)v_{3TO}(T)} \quad (8)$$

Спільне застосування функціоналів  $K_T$  і  $K_{TV}$  визначає важливе для практики відношення часу технічного обслуговування до усередненого відносного часу

знаходження зернозбирального комбайна по  $k$ -му параметру в станах технічного обслуговування (Rogovskii, 2021c).

$$\frac{1}{K_{TV}(T)} - \frac{1}{K_T(T)} = \tau_{TO_k}(T) \quad (9)$$

При цьому:

$$T_{TO_k}(T) = \pi_{TO}(T)v_{TO}(T) + \pi_{1TO}(T)v_{1TO}(T) + \pi_{3TO}(T)v_{3TO}(T); \quad (10)$$

$$\tau_{TO_k}(T) = \frac{\pi_{TO}(T)v_{TO}(T) + \pi_{1TO}(T)v_{1TO}(T) + \pi_{3TO}(T)v_{3TO}(T)}{\pi_0(T)\omega_0(T) + \pi_1(T)\omega_1(T)} \quad (11)$$

Перевага запропонованого методу полягає у введенні третього

Ничай І. М.

критерію у вигляді  $\tau_{\text{ТО}_k}$ . Задаючись готовністю виробу виконати завдання (знаходження значення обраного параметра в заданих межах), можна визначити  $T_{0\Sigma}$ , а за його значенням середня відстань між пунктами технічного контролю зернозбиральних комбайнів.

Базовим елементом технологічної підготовки ремонтного виробництва є розробка технологічного процесу, що забезпечує наявність на підприємстві повного комплексу технологічної документації для організації та проведення технічного обслуговування та ремонтів тягового рухомого складу (Radu, Lewandowski, Szelag, 2020).

При розробці технологічних процесів ремонту проводиться вибір технологічних операцій та засобів їх технологічного оснащення, нормативні документи вимог на допуски, зазори, зусилля посадок, напресовок, різьбових з'єднань, якість обробки, точність збирання тощо.

З розроблених технологічних операцій визначаються технічні умови для розробки нестандартного технологічного устаткування.

Проектування технологічного процесу проводиться у дві стадії:

- На першій стадії виконується структурний аналіз об'єкта ремонту (зернозбиральний комбайн) для складання переліку складальних одиниць, елементів та деталей, що

входять до його складу, та його структурної схеми.

- На другій стадії розробляються варіанти технологічних маршрутів ремонту окремих вузлів, складальних одиниць та відновлення деталей.

Для покращення організації та управління ремонтним виробництвом, зменшення собівартості та підвищення якості ремонтних робіт використано інформаційно-динамічне моделювання процесу ремонту, що дозволяє визначати взаємний зв'язок між окремими роботами, вплив однієї операції на іншу. Витрати визначатимуться як сума одноразових витрат за створення та впровадження нестандартного технологічного устаткування.

### Висновки

1. В результаті проведених досліджень вирішено комплексне завдання вдосконалення технологічної готовності виробництва під час технічного контролю використання групових технологій. Застосування розроблених методик, технічних та технологічних рішень дозволяє забезпечити агропромислові підприємства повними комплектами технологічної документації та засобами технологічного обладнання для гарантованого здійснення заданого обсягу випуску з ремонту зернозбиральних комбайнів.

2. Розроблені математичні моделі критеріїв оцінки впливу технології

Ничай І. М.

технічного контролю на технічний стан деталей та вузлів зернозбирального комбайна представлені виразами у вигляді функціоналів від конструктивних та технологічних параметрів і дозволяють проводити оцінку розмірів та допусків, які необхідно забезпечити під час виконання ремонту, та визначати вихідні вимоги для розробки технічних умов на проектування та вдосконалення технологічних процесів та нестандартного ремонтного обладнання та оснащення.

### References

- Schultz, C., Lim, W., Khor, S., Neumann, K., Schulz, J., Ansari, O., Skewes, M., Burton, R. (2020). Consumer and health-related traits of seed from selected commercial and breeding lines of industrial hemp, *Hemp sativa* L. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025>
- Kuzmich, I.M., Rogovskii, I.L., Titova, L.L. & Nadtochiy, O.V. (2021). Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 677, 052002, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.
- Lindström, L.I., Franchini, M.C., Nolasco, S.M. (2022). Sunflower fruit hullability and structure as affected by genotype, environment and canopy shading. *Annals of Applied Biology*, 180 (3), 338-347. <https://doi.org/10.1111/aab.12735>
- Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O. & Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>
- Vladyslav, R. (2022). Structure of the national police of Ukraine: modern interpretation. *Entrepreneurship, Economy and Law*, 5, 69–74. <https://doi.org/10.32849/2663-5313/2022.5.11>
- Rogovskii, I., Sivak, I., Shatrov, R., & Nadtochiy, O. (2024). Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. *Engineering of Rural Development*, 23, 965–970. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF195>
- Nazarenko, I., Bernyk, I., Dedov, O., Rogovskii, I., Ruchynskyi, M., Pereginets, I., & Titova, L. (2021). Research of technical systems of processes of mixing materials. *Dynamic processes in technological technical systems*. Kharkiv: PC Technology Center. 57-76. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4>
- Dela Cruz, O. G., Padilla, J. A., Victoria, A. N. (2021). Managing Road Traffic Accidents: A Review on Its Contributing Factors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 822 (1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/822/1/012015>
- Rogovskii, I., Lyubarets, B. & Borek, K. (2022). Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of

Ничай І. М.

hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*, 13(1), 67–76. <https://doi.org/10.31548/machenergy2022.01.067>.

10. Volokha, M., Rogovskii, I., Fryshev, S., Sobczuk, H., Virchenko, G. & Yablonskyi, P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 10(2), F1-F9, [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1).

11. Rogovskii, I.L. (2021). Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*, 12(4), 129–138. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>

12. Rogovskii, I.L. (2021a). Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*, 12(3), 157–166. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.03.157>

13. Casado-Sanz, N., Guirao, B., Attard, M. (2020). Analysis of the Risk Factors Affecting the Severity of Traffic Accidents on Spanish Crosstown Roads: The Driver's Perspective. *Sustainability*, 12 (6), 2237.

<https://doi.org/10.3390/su12062237>

14. Rogovskii, I.L. (2021b). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*, 12(1), 137–146, <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

15. Abu Dabous, S., Ibrahim, F., Feroz, S., Alsayouf, I. (2021). Integration of failure mode, effects, and criticality analysis with multi-criteria decision-making in engineering applications: Part I – Manufacturing industry. *Engineering Failure Analysis*, 122, 105264. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105264>

16. Rogovskii, I. L. (2021c). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*, 12(2), 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

17. Radu, P. V., Lewandowski, M., Szelag, A. (2020). On-Board and Wayside Energy Storage Devices Applications in Urban Transport Systems—Case Study Analysis for Power Applications. *Energies*, 13 (8), 2013. <https://doi.org/10.3390/en13082013>

## ANALYTICITY OF MARKOV PROCESSES FOR DESCRIPTION OF COEFFICIENT OF TECHNICAL READINESS OF GRAIN HARVESTERS COMBINES

I. M. Nichay

**Abstract.** *The article presents the results of a study of the influence of operating conditions and modes on the technical condition of grain harvesters. The grain harvester gradually loses its performance during operation. To ensure stable operation of the fleet of agricultural machines, maintain its technical condition and increase operational reliability, technical control of grain harvesters is carried out. The analysis of the technical condition of combine harvesters showed that there remains a high percentage of defective combine harvesters, downtime for all types of repairs and the number of unplanned repairs. One of the main reasons for this condition is the low level of organization and quality of technical control, insufficient mechanization of technological processes. The basic element of the technological preparation of repair production is the development of a technological process that ensures the availability of a complete set of technological documentation at the enterprise for organizing and carrying out technical maintenance and repairs of traction rolling stock. During the development of technological processes of repair, the selection of technological*

Ничай І. М.

*operations and means of their technological equipment, normative documents of requirements for tolerances, clearances, forces of landings, pressings, threaded connections, processing quality, assembly accuracy, etc. is carried out. Technical conditions for the development of non-standard technological equipment are determined from the developed technological operations. As a target function, the rational periodicity of maintenance of grain harvesters was taken, namely, the rational time between services. The analysis of the results of known works on mathematical modeling and periodicity of repair and maintenance of complex technical systems based on Markov and semi-Markov processes allowed us to propose complex criteria as criteria for modeling the objective function: the functional of readiness, which is used to estimate the allowable time, and the functional of technical use, which allows determining the value of the optimal time between services of the combine harvester according to the technical parameter at the maximum point.*

**Keywords:** grain harvester, operation, reliability, equipment, technical readiness, technical control

**How to Cite:** Nichay, I. (2024). Analyticity of markov processes for description of coefficient of technical readiness of grain harvesters combines. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.021](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.021)

UDC 004.8

**ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR PREDICTING THE NUMBER OF FIELD CROP PESTS****M. M. DOLIA**, doctor of agricultural sciences, professor,<https://orcid.org/0000-0003-0458-9695>**V. P. LYSENKO**, doctor of technical sciences, professor,<https://orcid.org/0000-0002-5659-6806>**T. I. LENDIEL**, PhD in technical sciences, associate professor,<https://orcid.org/0000-0002-6356-1230>**K. V. NAKONECHNA**, candidate of economic sciences, associate professor,<https://orcid.org/0000-0002-1537-7201>*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***V. I. VOROKH**, PhD student, <https://orcid.org/0009-0005-0112-8422>*Taras Shevchenko National University of Kyiv*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.022](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.022)

**Abstract.** Every year, farms face the problem of ensuring the necessary development and growth of field crops due to the high probability of field crops being affected by certain types of pests. Pests can significantly impair the development of crops if their population is not controlled. This will reduce the harvest. To ensure a certain level of field crop production, it is necessary to take a series of measures to reduce the risk of harvest losses and optimize the costs of protecting plant growth. A key element of effective farmland management is the reliable prediction of the number of pests using artificial neural networks and their appropriate configuration. This approach will reduce harvest losses and preserve the ecosystem of a particular region. Reliable forecasting of pest numbers is guaranteed to create conditions for minimizing the cost of growing crops.

However, machine learning can only be implemented if there are relevant results of monitoring the number of pests and the factors that influence changes. These factors include solar activity, temperature, and humidity. Such studies were conducted and samples were formed. Neural networks of different structures were used for forecasting, such as the radial basis function and the multilayer perceptron. The results of the forecasting show a sufficiently high accuracy, which will significantly improve production efficiency.

**Keywords:** neural networks, machine learning, forecasting, field crops, agriculture

**Introduction.** With modern technologies of field crops cultivation, a reasonable prediction of the timing of occurrence, prevalence and development

of a complex of pests by phases of their dynamics, new reproduction cycles, number and levels of harmfulness is becoming increasingly important

Доля М. М., Лисенко В. П., Лендел Т. І., Наконечна К. В., Ворох В. І.

(Wang, R., *et al.* 2024, Hongguo Zhang, *et al.* 2023, Rahman, S.M. & Ravi, G., 2022). This allows to optimize plant protection products both in the country as a whole and in individual soil and climatic zones. Of particular importance is the long-term forecast, which is based on solar-terrestrial connections and periodic changes in weather and climate that affect the dynamics of the number, reproduction and spread of pests, with an assessment of their harmfulness. The spread and harmfulness of grain crop phytophages within the long-term indicators depends on both the processes of controlling the phytosanitary state of agrocenoses and the influence of solar insolation, as well as the hydrothermal coefficient (HTC) as the ratio of the amount of precipitation with average daily air temperatures above +10°C, as the basis for the definition, reproduction and spread of pests, as a constant value that differs in the Steppe and the Forest Steppe. At the same time, the sum of effective temperatures is important for predicting pest reproduction, as it is constant for different geographical populations and ensures the intensity of development, reproduction and number of pest species (Nitta, A. *et al.* 2024, Rakhonde, G.Y. *et al.* 2024, Wang Xianfeng, *et al.* 2018). [1-2; 5;7;9].

**Materials and methods.** The primary importance is the generalization of numerical values of solar activity, in particular, the number of spots on the disk (Wolf number) with the dependence on them of the number of pests in the

years of minimum and maximum of these indicators, which should be used in models for predicting the emergence and development of both soil-dwelling and migratory pests (T. Boopathi, A. L. Rathna Kumar, & M. Sujatha, 2022). The combination of these factors, as the basis for the interaction of pests in space and functional asymmetries, determines the stability of self-regulation mechanisms and the predicted levels of reproduction of species and populations in the process of their formation (Wang Xianfeng, *et al.* 2023, Zhang, Hongguo *et al.* 2023).

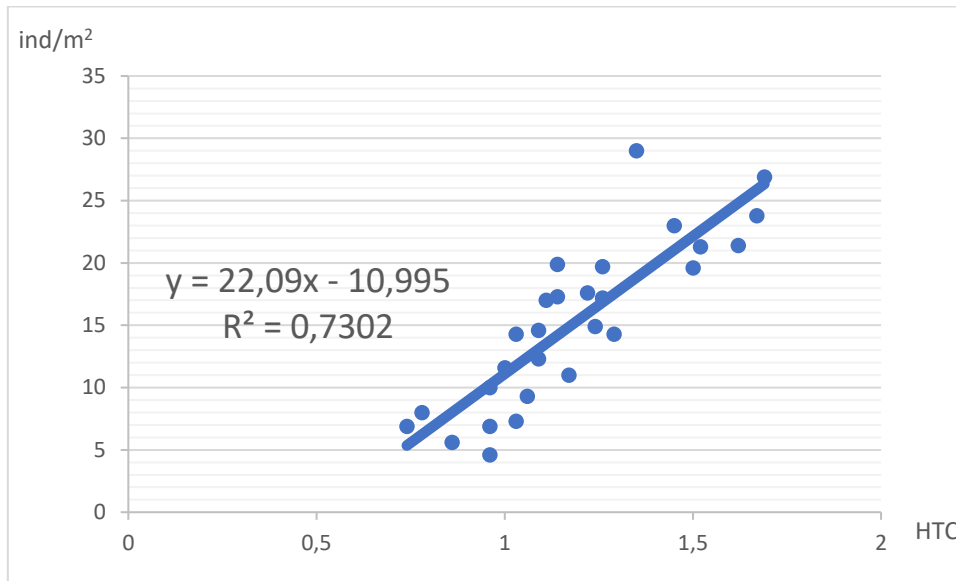
An integral part of the assessment of the phytosanitary state of the agrocenosis as a whole is agrotechnical information, as well as the phenology of pests and its coincidence with the phenology of the phases of crop development as components of models of formation and certain mechanisms of stability of the dynamics of pest reproduction in the Steppe and Forest Steppe of Ukraine.

**Results and Discussion.** Long-term observation (1996-2023) of certain patterns in the Steppe and Forest Steppe characterizes the conditions for analyzing the relationship between the number of pests and these factors (Everitt, B. S., & Howell, D. C., 2021, Biecek, P., & Burzykowski, T., 2021), in particular, hydrothermal coefficient (HTC) and solar activity (Figs. 1-4). HTC (Fig. 1, Fig. 2), which allow generalizing the processes of entomocomplex formation and modeling

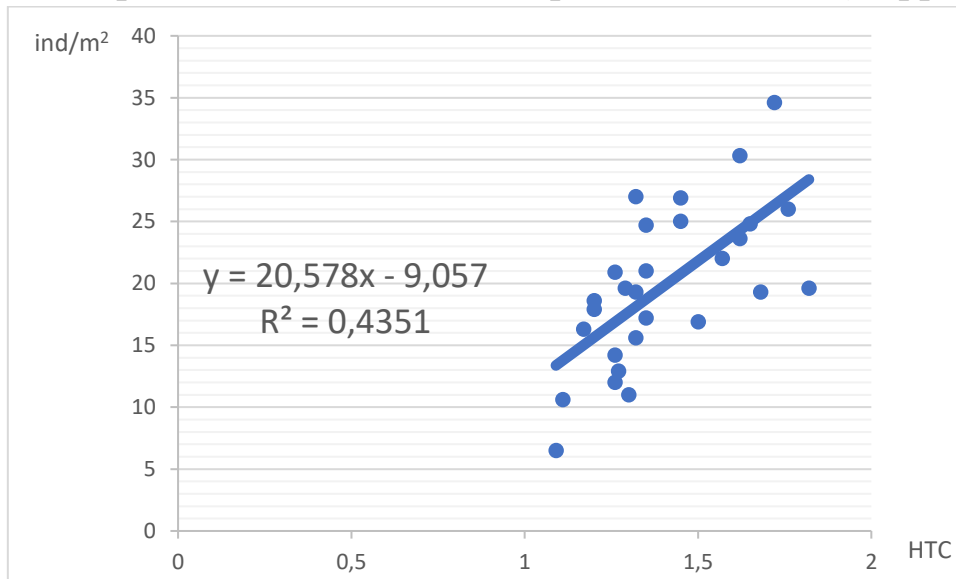
Доля М. М., Лисенко В. П., Лендєл Т. І., Наконечна К. В., Ворох В. І.

and predicting the number of dominant phytophagous species in the Steppe with a determination coefficient of  $R^2 = 0.73$ ,

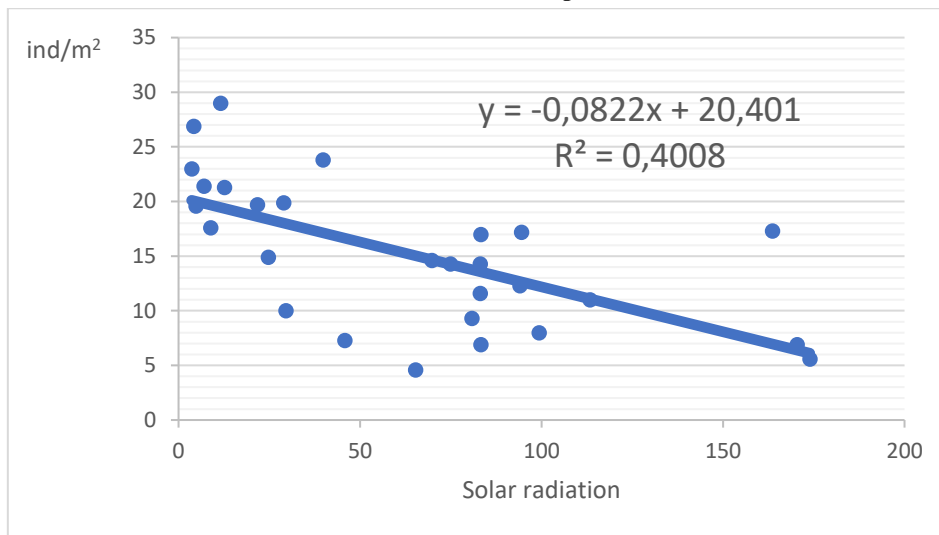
and  $R^2 = 0.43$  for the Forest Steppe zone (Electronic resource, 2024).



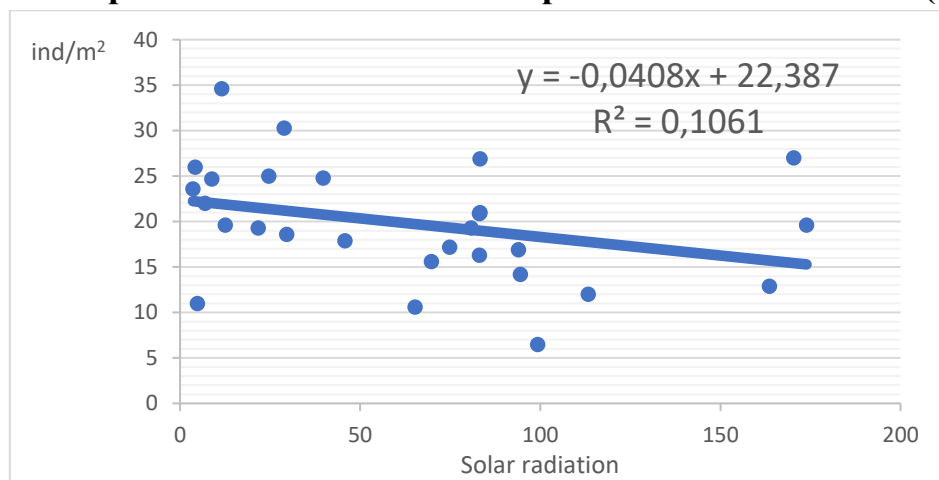
**Figure 1. Dependence of the number of pests on the HTC (Steppe)**



**Figure 2. Dependence of the number of pests on the GTC (Forest Steppe)**



**Figure 3. Dependence of the number of pests on solar radiation (Steppe)**



**Figure 4. Dependence of the number of harmful organisms on solar radiation (Forest Steppe)**

In the case of linear correlations with a low level of adequacy (the coefficient of determination does not exceed 0.7302 and 0.4351, respectively, for the Steppe and Forest Steppe zones), the determined numerical values can be used for forecasting using regression equations. At the same time, it can be argued that there are certain conditions of uncertainty that characterize the peculiarities of the biology and ecology of entomocomplexes in general.

Thus, solar activity (Fig. 3 and Fig. 4), using a linear correlation, affects the number of pests under conditions of

uncertainty, as evidenced by the small values of the linear correlation coefficients (- 0.0802 and - 0.0408, respectively) and determination coefficients (0.408 and 0.1061). This means that in this case, it is not recommended to use the regression equation for forecasting.

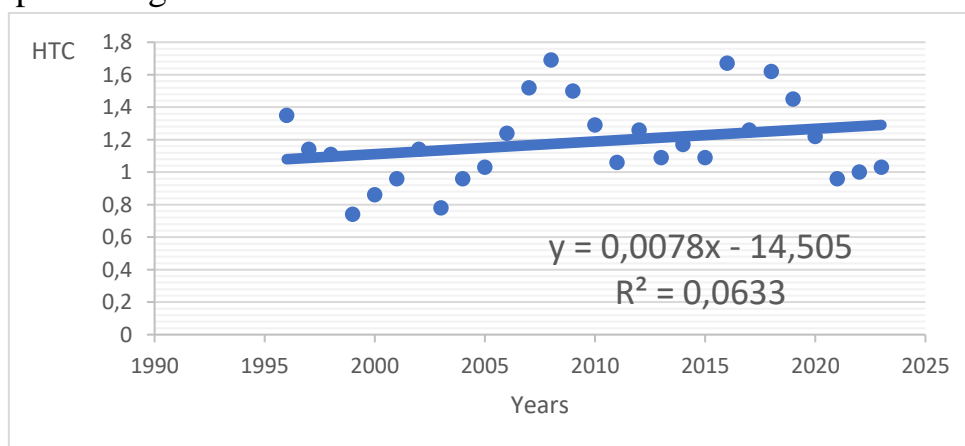
Thus, the presence of uncertainty conditions leads to the use of a neural network to predict the occurrence of pests, the number of which depends mainly on the dynamics of the HTC level and solar activity with functional connections in the neural network. The

Доля М. М., Лисенко В. П., Лендєл Т. І., Наконечна К. В., Ворох В. І.

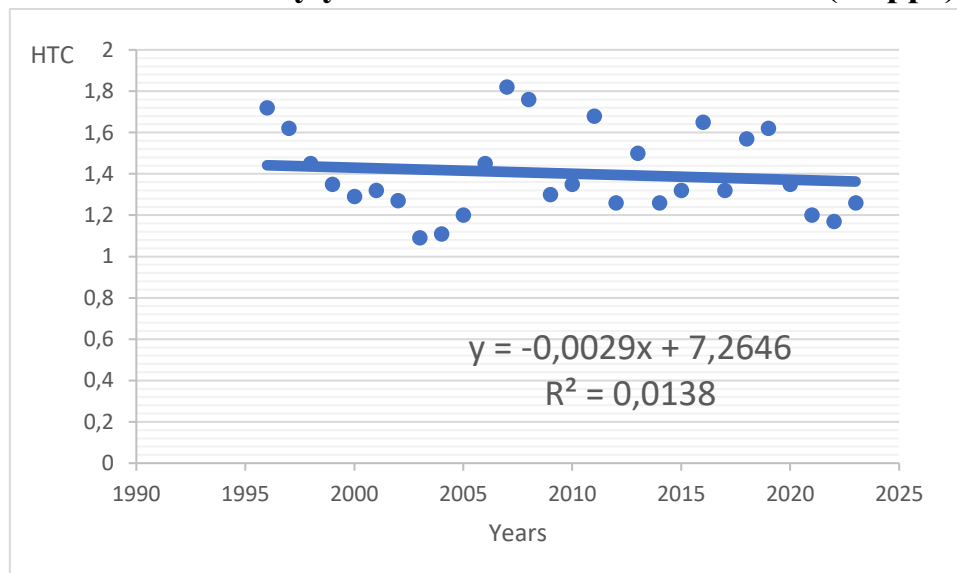
principle of forecasting and forming a control decision can be implemented using machine learning for control systems, which is an example given in Essien, A., & Giannetti, C. (2020), Saleem, M. H. *et al.* (2021), Kurumatani, K. (2020).

Since the number of pests depends on the SST and solar activity (Fig. 1-4), an important component of their forecasting is the development of a model for predicting the SST and solar

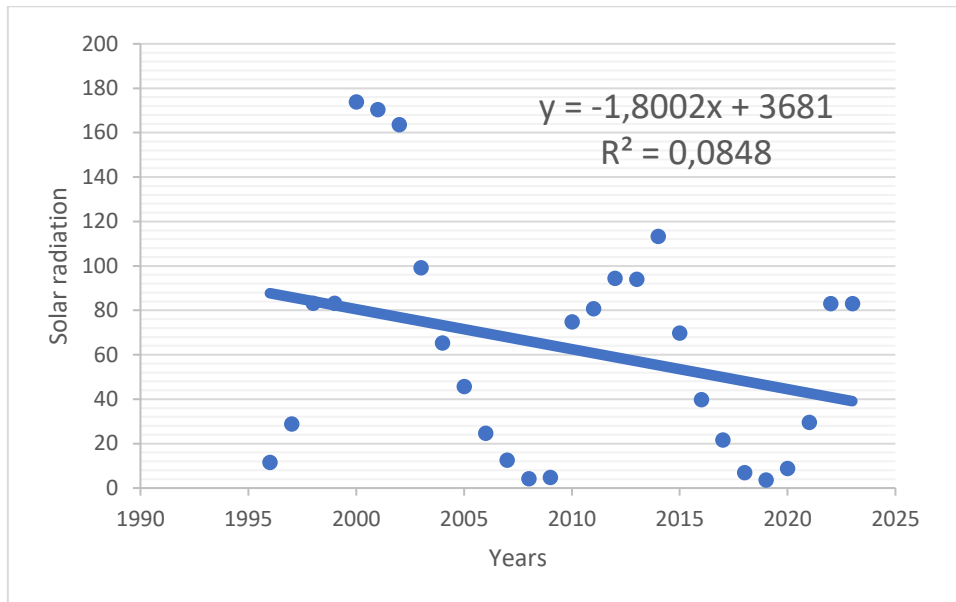
activity by years (Electronic resource, 2024). As already noted, long-term observations of changes in HTC and solar activity over the past almost 30 years have made it possible to obtain systemic links between the studied factors and the complex of harmful insect phytophagous species, which should be considered in new forms of crop production using the forecast of their number and harmfulness (Fig. 5-7).



**Figure 5. HTC values by years of observation 1996-2023 (Steppe)**



**Figure 6. HTC values by years of observation 1996-2023 (Forest Steppe)**



**Figure 7. Solar radiation by years of observation 1996-2023**

The analysis of the materials presented in Figs. 5-7 allows us to draw conclusions about the feasibility of using neural network theory to forecast HTC and solar radiation by year.

The experience of using a neural network with a radial basis function structure for other tasks (prediction of ambient temperature in Lysenko V. *et al.*, 2022) has given grounds to

recommend its use for predicting the impact of technological factors on the formation and spread of pests. The principle of using neural networks to control technological processes is also highlighted in the works of Viswanatha, V. *et al.* (2023), Lovesum, J., & Prince, B. (2023), the results of such researches are presented in Fig. 8.

a)

b)

c)

Case name	ГТК (С) Target	ГТК (С) - Output 3.RBF 1-5-1	Case name	ГТК (Л) Target	ГТК (Л) - Output 1.RBF 1-5-1	Case name	Сон.рад. Target	Сон.рад. - Output 1.RBF 1-5-1
1	1,350000		1	1,720000		1	11,6000	
5	0,860000	1,042454	5	1,290000	1,338079	5	173,9000	170,7123
6	0,960000	0,808866	6	1,320000	1,289728	6	170,4000	178,4903
7	1,140000	1,206651	7	1,270000	1,225910	7	163,6000	156,0176
9	0,960000	0,964901	9	1,110000	1,131096	9	65,3000	71,8201
10	1,030000	0,997721	10	1,200000	1,189415	10	45,8000	41,1690
11	1,240000	1,296603	11	1,450000	1,499582	11	24,7000	23,6501
12	1,520000	1,489711	12	1,820000	1,830811	12	12,6000	13,6798
13	1,690000	1,542991	13	1,760000	1,685841	13	4,2000	6,8885
14	1,500000	1,550101	14	1,300000	1,376167	14	4,8000	2,6712

**Figure 8. Results of using the radial basis function neural network for predicting HTC for the Steppe and Forest Steppe (a, b, respectively) and solar radiation (c)**

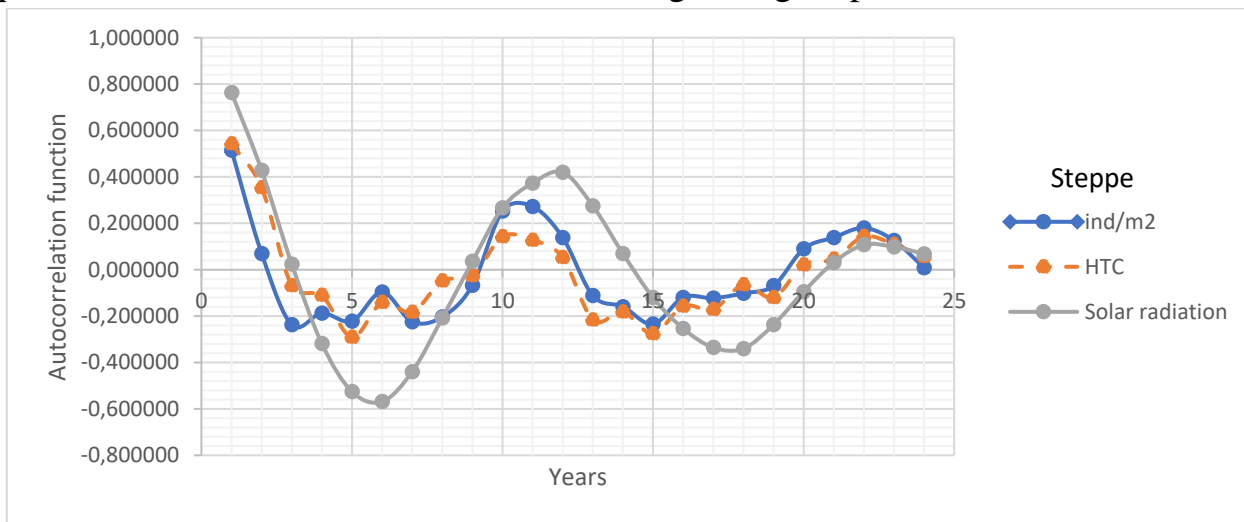
Since SST and solar radiation affect the number of pests, the numerical

values of previous years and their impact on the structures of entomocomplexes

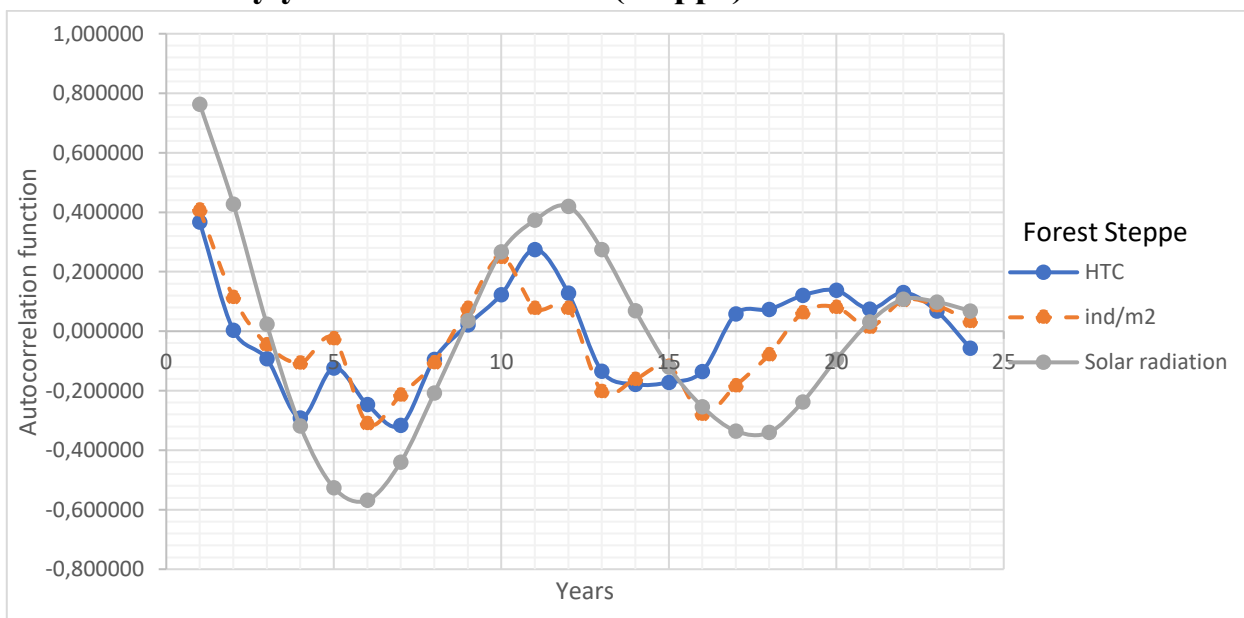
Доля М. М., Лисенко В. П., Лендел Т. І., Наконечна К. В., Ворох В. І.

and the number of dominant species in subsequent periods are reasonable predictors of the forecast. This is confirmed by the autocorrelation functions of the number of pests, HTC and solar radiation by years of observation (Fig. 8-9). In the quantitative version, the characteristics

of the Forest-Steppe and Steppe zones are somewhat different, but their qualitative appearance is similar. These dependencies are characterized by a periodic component that dampens with a period of 10 years. This circumstance should be taken into account when growing crops.



**Figure 9. Correlation function between the number of pests in the HTC and solar radiation by years of observation (Steppe)**



**Figure 10. Correlation function of the number of pests, HTC and solar radiation by years of observation (Forest Steppe)**

Based on personal experience, a neural network with a multilayer perceptron structure was used to predict

the number of pests depending on the HTC and solar activity (Lysenko V. *et al.*, 2022). The researchers' experience

Доля М. М., Лисенко В. П., Лендєл Т. І., Наконечна К. В., Ворох В. І.

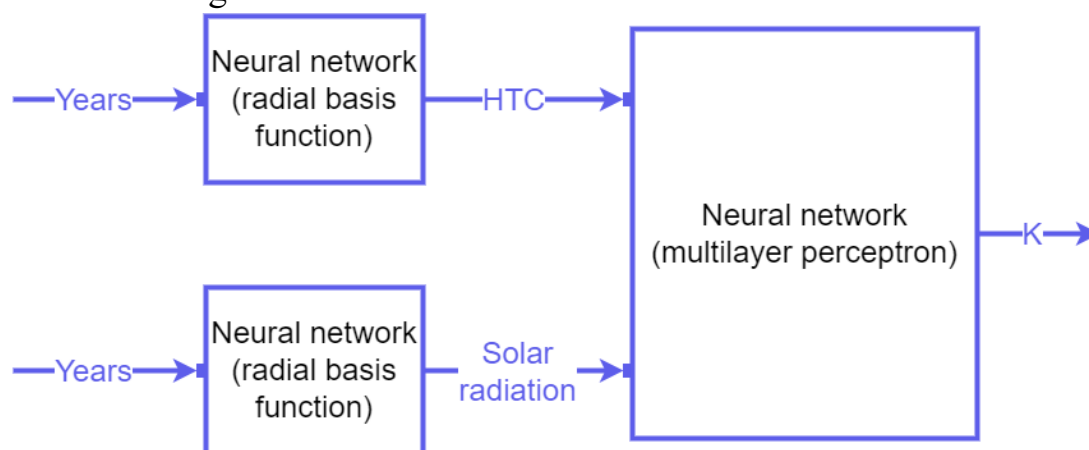
has shown a satisfactory result of the neural networks with the “multilayer perceptron” structure (N. A. Pasichnyk

et al. 2023, N. Kiktev *et al.*, 2023). The forecast depth was 1 year, and the results are shown in Fig. 11.

Case name	K (C) Target	K (C) - Output 5. MLP 2-7-1
1	14,30000	14,49711
2	9,30000	10,05788
3	17,20000	17,23457
5	11,00000	11,17699
6	14,60000	14,66895
7	23,80000	23,67396
8	19,70000	19,75783

**Figure 11. Results of predicting the number of pests based on the use of the “multilayer perceptron” neural network**

The block diagram of machine learning for predicting the number of pests is shown in Fig. 12.



**Figure 12. Neural networks for machine learning and pest prediction**

The results show a fairly good convergence and can be used for preparatory work on pest control.

### Conclusions.

1. The level of long-term population and harmfulness of insect phytophages of agrocenoses depends on changes in weather and climatic conditions and modern technologies of field crops cultivation with the manifestation of systematic resistance and formation of phytosanitary

conditions in both the Steppe and Forest Steppe of Ukraine.

2. Based on the results of many years of research, a new tool for modeling the dynamics of phytophage reproduction under the cause-and-effect relationship of pests with environmental factors has been developed, which consists in the use of machine learning, artificial neural networks with the structure of “radial-base function” and “multilayer perceptron”.

3. The results of the use of neural models for predicting the number of pests have created conditions for generalizing basic information on the parameters of the dynamics of insect-

phytophagous reproduction and determining the levels of its dependence on the HTC and Wolf number in the Steppe and Forest Steppe of Ukraine.

### References

1. Nitta, A., Natarajan, V., Reddy, A. J., & Rakesh, T. (2024). Impact of Climate Change on Pest Biology, Behaviour and Their Distributions. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(4), 46–56.

<https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i44094>

2. Rakhonde, G.Y., Ahale, S., Reddy, N.K., Purushotham, P., Deshkar, A. (2024). Big Data Analytics for Improved Weather Forecasting and Disaster Management. In: Pandey, K., Kushwaha, N.L., Pande, C.B., Singh, K.G. (eds) *Artificial Intelligence and Smart Agriculture. Advances in Geographical and Environmental Sciences*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-0341-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-97-0341-8_9)

3. Wang, R., Li, R., Chen, T., Zhang, J., Xie, C., Qiu, K., Chen, P., Du, J., Chen, H., Shao, F., Hu, H. and Liu, H. (2022), An automatic system for pest recognition and forecasting. *Pest Manag Sci*, 78: 711-721. <https://doi.org/10.1002/ps.6684>

4. Boopathi, T., Rathna Kumar, A. L. & Sujatha, M. (2022). Seasonal incidence and effect of weather parameters on insect pests of linseed: seasonal incidence and effect of weather parameters on insect pests of linseed. *Journal of Oilseeds Research*, 39(2). <https://doi.org/10.56739/jor.v39i2.141714>

5. Wang Xianfeng, Zhang Chuanlei, Zhang Shanwen, Zhu Yihai. Forecasting of cotton diseases and pests based on adaptive discriminant deep belief network[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2018, 34(14): 157-164. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2018.14.020

6. Hongguo Zhang, Binbin He, Jin Xing, Minghong Lu. Deep spatial and temporal graph convolutional network for rice planthopper population dynamic forecasting. *Computers and Electronics in Agriculture*.

Volume 210, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107868>.

7. Xai, T., Meng, H. & Yao, J. A forecasting method of forest pests based on the rough set and PSO-BP neural network. *Neural Comput & Applic* 25, 1699–1707 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00521-014-1658-1>

8. Piou, Cyril & Marescot, Lucile. (2023). Spatiotemporal risk forecasting to improve locust management. *Current Opinion in Insect Science*. 56. 101024. [10.1016/j.cois.2023.101024](https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101024).

9. Rahman, S. M., & Ravi, G. (2022). Role of Artificial Intelligence in Pest Management. *Current Topics in Agricultural Sciences Vol. 7*, 64–81. <https://doi.org/10.9734/bpi/ctas/v7/2141B>

10. Zhang, Hongguo & He, Binbin & Xing, Jin & Lu, Minghong (2023). Deep spatial and temporal graph convolutional network for rice planthopper population dynamic forecasting. 210. 107868. [10.1016/j.compag.2023.107868](https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107868).

11. Everitt, B. S., & Howell, D. C. (2021). *Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science—Volume 2*. John Wiley & Sons, Ltd.

12. Biecek, P., & Burzykowski, T. (2021). *Explanatory model analysis: explore, explain, and examine predictive models*. Chapman and Hall/CRC.

13. Pham, H. (Ed.). (2023). *Springer handbook of engineering statistics*. Springer Nature.

14. Lysenko, V., Lendiel, T., Bolbot, I., & Nakonechnyy, I. (2022, October). Neural Network Structures for Energy-efficient Control of Energy Flows in Greenhouse Facilities. In *2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)* (pp. 21-26). IEEE.

15. Lysenko, V., Zaiets, N., Dudnyk, A., Lendiel, T., & Nakonechna, K. (2022). Intelligent Algorithms for the Automation of Complex Biotechnical Objects. In *Advanced*

Доля М. М., Лисенко В. П., Лендел Т. І., Наконечна К. В., Ворох В. І.

Control Systems (pp. 365-395). River Publishers.

16. Dudnyk, A., Lysenko, V., Zaets, N., Komarchuk, D., Lendiel, T., & Yakymenko, I. (2018, October). Intelligent control system of biotechnological objects with fuzzy controller and noise filtration unit. In 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T) (pp. 586-590). IEEE.

17. Lysenko, V., Bolbot, I., Lendiel, T., Koval, V., & Nakonechnyy, I. (2022, November). Genetic algorithm in optimization problems for greenhouse facilities. In 2022 IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT) (pp. 185-188). IEEE.

18. Mikhailenko, I. M., & Timoshin, V. N. (2020). Intelligent real-time management of agrotechnologies. In *Software Engineering Perspectives in Intelligent Systems: Proceedings of 4th Computational Methods in Systems and Software 2020, Vol. 2 4* (pp. 491-504). Springer International Publishing.

19. Essien, A., & Giannetti, C. (2020). A deep learning model for smart manufacturing using convolutional LSTM neural network autoencoders. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(9), 6069-6078.

20. Rai, R., Tiwari, M. K., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). Machine learning in manufacturing and industry 4.0 applications. *International Journal of Production Research*, 59(16), 4773-4778.

21. Dogan, A., & Birant, D. (2021). Machine learning and data mining in manufacturing. *Expert Systems with Applications*, 166, 114060.

22. Espejo-Garcia, B., Mylonas, N., Athanasakos, L., & Fountas, S. (2020). Improving weeds identification with a repository of agricultural pre-trained deep neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105593.

23. Saleem, M. H., Potgieter, J., & Arif, K. M. (2021). Automation in agriculture by machine and deep learning techniques: A review of recent developments. *Precision Agriculture*, 22(6), 2053-2091.

24. Kurumatani, K. (2020). Time series forecasting of agricultural product prices based

on recurrent neural networks and its evaluation method. *SN Applied Sciences*, 2(8), 1434.

25. Viswanatha, V., Ramachandra, A. C., Hegde, P. T., Reddy, M. R., Hegde, V., & Sabhahit, V. (2023, June). Implementation of Smart Security System in Agriculture fields Using Embedded Machine Learning. In 2023 International Conference on Applied Intelligence and Sustainable Computing (ICAISC) (pp. 1-6). IEEE.

26. Lovesum, J., & Prince, B. (2023). A study on experimental analysis of best fit machine learning approach for smart agriculture. *SN Computer Science*, 4(2), 187.

27. N. A. Pasichnyk, S. A. Shvorov, O. A. Opryshko, A. Dudnyk, B. Oksana and D. S. Komarchuk, "Prospective of Camouflage Ground Objects to Counter UAVs," 2023 IEEE 7th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, Ukraine, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/MSNMC61017.2023.10328960.

28. N. Kiktev, A. Dudnyk, N. Pasichnyk, O. Opryshko, D. Komarchuk "Use of Neuron Networks for Planning the Correct Selection of Plant Samples in Precision Agriculture Technologies" (2023) CEUR Workshop Proceedings, 3538, pp. 126 - 135, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85178316188&partnerID=40&md5=201c95a78d7abd539ebbb9f3f09f35f8>

29. N. Kiktev, A. Dudnyk, O. Opryshko, D. Komarchuk, K. Witaszek "Using Neural Networks to Identify Technological Stress Using the Example of Crop Compaction" DTESI 2023: Proceedings of the 8th International Conference on Digital Technologies in Education, Science and Industry, December 06–07, 2023, Almaty, Kazakhstan, <https://ceur-ws.org/Vol-3680/S3Paper11.pdf>

30. Map of solar insolation of Ukraine. Electronic resource: <https://www.artenergy.com.ua/novosti/karta-solnechnoi-insoliatsii-ukrainy>, date of access June 14, 2024.

31. Phytosanitary status of agricultural plants (according to the State Production and Consumer Service). Electronic resource: <https://minagro.gov.ua/napryamki/roslinnictvo/pidgotovka-i-provedennya-vesnyano-polovih->

Доля М. М., Лисенко В. П., Лендел Т. І., Наконечна К. В., Ворох В. І.

[rob/robot/pidgotovka-do-provedennya-polovih-robot/fitosanitarni-stan-silskogospodarskih-roslin](https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.022), date of access June 14, 2024.

## ШТУЧНІ НЕЙРОМЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДНИКІВ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР

М. М. Доля, В. П. Лисенко, Т. І. Лендел, К. В. Наконечна, В. І. Ворох

***Анотація.** Щороку перед господарствами постає проблема забезпечення необхідного розвитку та росту польових культур у зв'язку з високою ймовірністю ураження польових культур окремими видами шкідників. Шкідники можуть значно погіршити розвиток сільськогосподарських культур, якщо не контролювати їх популяцію. Це зменшить урожай. Для забезпечення певного рівня виробництва польових культур необхідно взяти комплекс заходів щодо зниження ризику втрат врожаю та оптимізації витрат на захист росту рослин. Ключовим елементом ефективного управління сільськогосподарськими угіддями є надійне прогнозування чисельності шкідників за допомогою штучних нейронних мереж та їх відповідної конфігурації. Такий підхід дозволить зменшити втрати врожаю та зберегти екосистему окремого регіону. Достовірне прогнозування чисельності шкідників гарантовано створює умови для мінімізації витрат на вирощування сільськогосподарських культур.*

*Однак машинне навчання можна реалізувати лише за наявності відповідних результатів моніторингу чисельності шкідників та факторів, що впливають на зміни. Ці фактори включають сонячну активність, температуру та вологість. Такі дослідження були проведені та сформовані вибірки. Для прогнозування використовувалися нейронні мережі різної структури, такі як радіальна базисна функція та багатошаровий перцептрон. Результати прогнозування свідчать про достатньо високу точність, що значно підвищить ефективність виробництва.*

***Ключові слова:** нейронні мережі, машинне навчання, прогнозування, польові культури, сільське господарство*

**How to Cite:** Dolia, M., Lysenko, V., Lendiel, T., Nakonechna, K., & Vorokh, V. (2024). Artificial neural networks for predicting the number of field crop pests. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 0(3/109). doi:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3\(109\).2024.022](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.022)