

# НАУКОВІ ГОРИЗОНТИ



Засновник, редакція, видавець –

## ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Свідоцтво про державну реєстрацію  
Серія КВ № 23134-12974 ПР від 19.02.2018 р.

Науковий журнал включено до категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата ветеринарних, економічних, сільськогосподарських та технічних наук зі спеціальностей – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 101, 133, 183, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 211, 281, 292 (наказ МОН України № 1643 від 28.12.2019 р., наказ МОН України № 409 від 17.03.2020 р.).

Журнал включено до міжнародних наукометричних баз і каталогів наукових видань: Index Copernicus; Directory of Open Access Journals (DOAJ); Open Academic Journals Index (OAJI); Google Scholar; Crossref; Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського.

Друкується за рішенням Вченої ради  
ЖНАЕУ, протокол № 11 від 24.06.2020 р.

Підписано до друку 24.06.2020 р.

Формат 210×297. Ум. друк. арк. 24.1.  
Наклад 100 пр.

ISSN: 2663-2144

© Житомирський національний  
агроекологічний університет, 2020

---

# SCIENTIFIC HORIZONS

---



Founder, Editorial and Publisher –

## ZHYTOMYR NATIONAL AGROECOLOGICAL UNIVERSITY

**Certificate of state registration  
KV № 23134-12974 PR of February 19, 2018.**

The scientific journal is included in category B of the List of scientific professional periodicals of Ukraine. It enables publishing the thesis results for Doctor and Candidate degrees in economic agricultural, technical and veterinary sciences (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No 1643 of December 28, 2019; Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No 409 of March 18, 2020). It comprises the following specialties – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 101, 133, 183, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 211, 281, 292.

The journal is included in the international scientific databases and catalogs of scientific publications: Index Copernicus; Directory of Open Access Journals (DOAJ); Open Academic Journals Index (OAJI); Google Scholar; Crossref; National Library of Ukraine named after V. I. Vernadskiy.

Recommended for publication by the decision of the Academic Council ZhNAU Minutes No. 11 of 24.06.2020.

Signed for publication 24.06.2020.

ISSN: 2663-2144

Format 210×297.  
Circulation 100 copies  
© Zhytomyr National  
Agroecological University, 2020

# НАУКОВІ ГОРИЗОНТИ

№ 7 (92),  
2020

## НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Засновано 12 березня 1998 р.

Періодичність випуску: дванадцять разів на рік

### Редакційна колегія:

**Головний редактор:** Л. Д. Романчук, д. с.-г. н. (Україна)

**Заступники  
головного редактора:** Ю. Раманаускас, д. н. (Литва)  
Л. П. Горальський, д. вет. н. (Україна)  
С. М. Кухарець, д. т. н. (Україна)

**Відповідальні  
секретарі:** Н. О. Куровська, к. е. н. (Україна)  
Т. М. Тимошук, к. с.-г. н. (Україна)

Л. М. Бондарева, к. с.-г. н. (Україна)

С. І. Веремесенко, д. с.-г. н. (Україна)

В. В. Гамаюнова, д. с.-г. н. (Україна)

І. Г. Грабар, д. т. н. (Україна)

І. М. Дідур, к. с.-г. н. (Україна)

В. Є. Данкевич, д. е. н. (Україна)

В. П. Журавльов, д. ф.-м. н. (Україна)

А. А. Зимаросєва, к. б. н. (Україна)

В. В. Зіновчук, д. е. н. (Україна)

Т. О. Зінчук, д. е. н. (Україна)

І. Є. Іванова, к. с.-г. н. (Україна)

І. В. Іващенко, к. б. н. (Україна)

Н. Л. Колеснік, к. вет. н. (Україна)

Л. А. Котюк, д. б. н. (Україна)

С. М. Кульман, к. т. н. (Україна)

Н. М. Куцмус, д. е. н. (Україна)

І. Левкович, д. н. (Німеччина)

А. Т. Мармоза, к. е. н. (Україна)

О. Є. Марковська, д. с.-г. н. (Україна)

О. В. Медведський, к. т. н. (Україна)

А. М. Михайлов, д. е. н. (Україна)

К. В. Молодецька, д. т. н. (Україна)

В. В. Мойсієнко, д. с.-г. н. (Україна)

М. Ф. Плотнікова, к. е. н. (Україна)

Я.-У. Санда, д. н. (Норвегія)

О. В. Скидан, д. е. н. (Україна)

З. Собек, д. н. (Польща)

Н. М. Сорока, д. вет. н. (Україна)

Р. В. Ставецька, д. с.-г. н. (Україна)

Т. П. Федонюк, д. с.-г. н. (Україна)

О. В. Чайкін, к. е. н. (Україна)

Л. В. Чижевська, д. е. н. (Україна)

П. Я. Чумак, к. с.-г. н. (Україна)

Е. Шараускіс, д. н. (Литва)

Л. В. Шірінян, д. е. н. (Україна)

В. П. Шлапак, д. с.-г. н. (Україна)

Я. Д. Ярош, д. т. н. (Україна)

**Редагування англomовних текстів:** Г. О. Хант, О. М. Мосейчук, К. А. Разумна

**Літературний редактор:** Л. В. Якубовська

**Редагування бібліографічних списків:** О. І. Касянюк, Н. Г. Яремчук

**Макетування:** М. М. Кравчук

### Адреса редакції та видавництва:

10008, м. Житомир, бульвар Старий, 7, ЖНАЕУ, Україна.

Тел. (0412) 22-04-17; E-mail: [schor.znau@gmail.com](mailto:schor.znau@gmail.com); [www: http://journal.znau.edu.ua/horizons](http://journal.znau.edu.ua/horizons)

# SCIENTIFIC HORIZONS

№ 7 (92),  
2020

SCIENTIFIC JOURNAL

Year of establishment: since March 1998.

Publication frequency: twelve times a year

---

## Editorial Board:

**Editor-in-chief:** L. Romanchuk, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)

**Deputies editor-in-chief:** J. Ramanauskas, Dr. Hab. (Lithuania)  
L. Goralsky, Dr. of Vt. Sc. (Ukraine)  
S. Kuharets, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)

**Executive editors:** N. Kurovska, Cand. of Ec. Sc. (Ukraine)  
T. Tymoshchuk, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)

L. Bondareva, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)  
S. Veremeyenko, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)  
V. Gamayunova, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)  
I. Grabar, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)  
I. Didur, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)  
V. Dankevych, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)  
V. Zhuravlyov, Dr. of Phys. and Math. Sc. (Ukraine)  
A. Zymarioieva, Cand. of Biol. Sc. (Ukraine)  
V. Zinovchuk, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)  
T. Zinchuk, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)  
I. Ivanova, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)  
I. Ivashchenko, Cand. of Biol. Sc. (Ukraine)  
N. Kolesnik, Cand. of Vt. Sc. (Ukraine)  
L. Kotyuk, Dr. of Biol. Sc. (Ukraine)  
S. Kulman, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)  
N. Kutsmus, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)  
I. Levkovysh, Fil. Dr. (Germany)  
A. Marmoza, Cand. of Ec. Sc. (Ukraine)  
O. Markovska, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)  
O. Medvedskyi, Cand. of Eng. Sc. (Ukraine)  
A. Mykhailov, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)  
K. Molodetska, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)  
V. Moisiienko, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)  
M. Plotnikova, Cand. of Ec. Sc. (Ukraine)  
Jan-U. Sandal, Fil. Dr. (Norway)  
O. Skydan, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)  
Z. Sobek, Dr. Hab. (Poland)  
N. Soroka, Dr. of Vt. Sc. (Ukraine)  
R. Stavetska, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)  
T. Fedonyuk, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)  
O. Chaikin, Cand. of Ec. Sc. (Ukraine)  
L. Chyzhevska, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)  
P. Chumak, Cand. of Agr. Sc. (Ukraine)  
E. Sarauskis, Dr. Hab. (Lithuania)  
L. Shirinyan, Dr. of Ec. Sc. (Ukraine)  
V. Shlapak, Dr. of Agr. Sc. (Ukraine)  
Ya. Yarosh, Dr. of Eng. Sc. (Ukraine)

**Editing English-language texts:** G. Khant, O. Moseichuk, K. Razumna

**Literary editor:** L. Yyakubovska

**Editing bibliographic lists:** O. Kasyanyuk, N. Yaremchuk

**Modeling:** M. Kravchuk

## Address of the publishers:

10008, 7, Staryi Blvd, Zhytomyr, ZhNAU, Ukraine

Tel. (0412) 22-04-17; E-mail: [schor.znau@gmail.com](mailto:schor.znau@gmail.com); www: <http://journal.znau.edu.ua/horizons>

---

---

## ЗМІСТ

---

---

<b>Л. П. Горальський, І. М. Сокульський, О. М. Ковальчук, І. Ю. Горальська</b> ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ КЛІНІЧНО ЗДОРОВИХ СОБАК ТА КОТІВ	7
<b>Е. О. Шнуренко, А. А. Студенок, В. І. Карповський, В. О. Трокоз, Р. В. Постой</b> ВПЛИВ ТОНУСУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ У КУРЕЙ	14
<b>О. Г. Васенко, І. В. Зінченко, К. О. Цитлішвілі, В. М. Бикасов</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ІНАКТИВАЦІЇ АНТИБІОТИКА ЦИПРОФЛОКСАЦИНА З МЕТОЮ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗАХИСТУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ	19
<b>Л.П. Горальський, О.Ф. Дунаєвська, Н.Л. Колеснік, І.М. Сокульський, І.Ю. Горальська</b> ЦИТО- ТА ГІСТОМЕТРІЯ МЕЗЕНТЕРІАЛЬНИХ ЛІМФАТИЧНИХ ВУЗЛІВ ЖУЙНИХ ТА КОНЕЙ	26
<b>В. Г. Молдован, Ж. А. Молдован, С. І. Собчук</b> ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ ТА НОРМ ВИСІВУ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ СОРТІВ СОЇ З РІЗНИМ ВЕГЕТАЦІЙНИМ ПЕРІОДОМ	32
<b>Л. С. Квасніцька</b> КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СІВОЗМІН З РІЗНИМ НАСИЧЕННЯМ ОЛІЙНИМИ КУЛЬТУРАМИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	40
<b>О. В. Сидякіна, В. Ф. Дворецький</b> ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОНІВ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ	45
<b>О. В. Гурманчук, Н. М. Плотницька, О. М. Невмержицька, І. О. Павлюк, Т. М. Тимошук, Л. М. Бондарева</b> КОНТРОЛЮВАННЯ БУР'ЯНОВОГО КОМПОНЕНТУ У ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ СТРАХОВИХ ГЕРБИЦІДІВ	53
<b>В. А. Левицька, А. Б. Мушинський, А. В. Березовський</b> МИШОПОДІБНІ ГРИЗУНИ ЯК ПЕРСИСТЕНТНЕ ДЖЕРЕЛО ТРАНСМІСИВНИХ ХВОРОБ	59
<b>Л. Д. Романчук, В. І. Устименко, П. В. Діденко, В. В. Бадзян</b> ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИДОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ БОРІВ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «ДРЕВЛЯНСЬКИЙ»	65
<b>Н. О. Бублієнко, О. І. Семенова, О. О. Лавринюк</b> МЕТАНОВА ФЕРМЕНТАЦІЯ СТОКІВ СВИНОФЕРМ	74
<b>М. Д. Камбур, А. А. Замазій</b> ЗМІНА СПІВВІДНОШЕННЯ КОРМІВ В РАЦІОНІ – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРИЙОМ ПІДВИЩЕННЯ РУБЦЕВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ	80
<b>С. М. Кульман</b> ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ – УНІКАЛЬНА ПРОПОЗИЦІЯ ДЛЯ ЗАЛУЧЕННЯ КЛІЄНТІВ ТА РОЗШИРЕННЯ РИНКУ ЗБУТУ ТОВАРУ	88
<b>Д. А. Дерев'янка, В. М. Поліщук, О. М. Сукманюк, О. Д. Дерев'янка</b> ВПЛИВ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІБРОСІПАРАТОРА НА ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ТА ЖИТА	98
<b>В. М. Каретін</b> КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ЕТАЛОННОЇ КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ІНЕРЦІЙНОГО МОДУЛЯ	104
<b>Е. Б. Алієв, О. Ю. Алієва, Р. Д. Малегін</b> ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ БЕЗВИДХОДНОЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР У КОРМИ ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ТВАРИННИЦТВА	112
<b>М. П. Волоха</b> ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЦУКРОСИРОВИНИ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ПРИ ЇХ ВИКОПУВАННІ	120
<b>М. Я. Довжик, О. М. Калнагуз, Ю. В. Сіренко</b> КРИВОЛІНІЙНИЙ РУХ ЧОТИРЬОХКОЛІСНОЇ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	126
<b>І. В. Вербіч, О. В. Медвідь</b> М'ЯСНА ПРОДУКТИВНІСТЬ БУГАЙЦІВ МОЛОЧНИХ ПОРІД РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ	136
<b>В. П. Кирилюк, Т. М. Тимошук, Г. М. Котельницька, В. П. Барладюга, Д. Є. Долід</b> ЗАПАСИ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ТА УРОЖАЙНІСТЬ КУЛЬТУР СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ	141
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ</b>	149

---

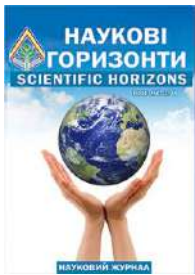
---

# CONTENT

---

---

<b>L. Horalsky, I. Sokulskii, O. Kovalchuk, I. Horalska</b> FEATURES OF PANCREAS STRUCTURE IN CLINICALLY HEALTHY DOGS AND CATS .....	7
<b>E. Shnurenko, A. Studenok, V. Karpovskiy, V. Trokoz, R. Postoi</b> INFLUENCE OF TONE OF AUTONOMOUS NERVOUS SYSTEM ON GROWTH INTENSITY IN CHICKENS .....	14
<b>O. Vasenko, I. Zinchenko, K. Tsytlshvili, V. Bikasov</b> RESEARCH OF METHODS OF INACTIVATION OF THE ANTIBIOTIC CYPROFLOXACIN IN ORDER TO PREVENT ENVIRONMENTAL POLLUTION AND PROTECT HUMAN HEALTH ...	19
<b>L. Horalskyi, O. Dunaievska, N. Kolesnik, I. Sokulskyi, I. Horalska</b> CYTO- AND HISTOMETRY OF RUMINANTIA'S AND HORSES MESENTERIAL LYMPH NODES ..	26
<b>V. Moldovan, Zh. Moldovan, S. Sobchuk</b> INFLUENCE OF SOWING TIMES AND SOWING RATES ON BIOMETRIC INDICATORS OF SOYBEAN VARIETIES WITH DIFFERENT VEGETATION PERIOD .....	32
<b>L. Kvasnitska</b> COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF CROPS ROTATIONS WITH DIFFERENT SATURATION OF OILSEEDS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE .....	40
<b>O. Sydiakina, V. Dvoretzkyi</b> PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT DEPENDING ON FOOD BACKGROUNDS IN THE CONDITIONS OF WESTERN POLISSIA .....	45
<b>O. Gurmanchuk, N. Plotnytska, O. Nevmerzhytska, I. Pavliuk, T. Tymoshchuk, L. Bondareva</b> CONTROL OF WEED COMPONENT IN MAIZE CROPS WHEN APPLYING POSTEMERGENT HERBICIDES .....	53
<b>V. Levytska, A. Mushynskyi, A. Berezovskyi</b> RODENTS AS A PERSISTENT SOURCE OF TICK-BORNE DISEASES .....	59
<b>L. Romanchuk, V. Ustymenko, P. Didenko, V. Badzian</b> DETERMINATION OF THE MAIN INDICATORS OF SPECIES DIVERSITY IN "DREVLANSKY" NATURE RESERVE'S FORESTS .....	65
<b>N. Bublienko, O. Semenova, O. Lavryniuk</b> METHANE FERMENTATION OF PIG STOCK .....	74
<b>M. Kambur, A. Zamazij</b> CHANGING THE RATIO OF FEED IN THE DIET – A TECHNOLOGICAL WAY TO INCREASE SCAR FERMENTATION AND PRODUCTIVITY OF ANIMALS .....	80
<b>S. Kulman</b> DIGITALIZATION OF PRODUCTS - UNIQUE OFFER TO ATTRACT CUSTOMERS AND EXPAND SALES MARKET .....	88
<b>D. Derevyanko, V. Polischuk, E. Sukmaniuk, O. Derevyanko</b> THE EFFECTS OF THE WORKING ORGANS OF A VIBRATORY SEPARATOR ON WINTER WHEAT AND RYE DAMAGE AND QUALITY .....	98
<b>V. Karetin</b> KINEMATIC STUDY OF THE STANDARD LAYOUT CIRCUIT OF THE INERTIA MODULE ....	104
<b>E. Aliiev, O. Aliieva, R. Malegin</b> TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PROVISION OF COMPLEX WASTE PROCESSING OF PLANT RAW OIL CULTURES IN FOOD FOR ORGANIC ANIMALS .....	112
<b>M. Volokha</b> INCREASING SUGAR BEET FEEDSTOCK QUALITY THROUGH INTENSIFICATION OF ROOT CLEANING AT HARVESTING .....	120
<b>M. Dovzhik, A. Kalnaguz, Yu. Sirenko</b> CURVILINEAR MOVEMENT OF A FOUR-WHEEL MACHINE USING A SATELLITE NAVIGATION SYSTEM .....	126
<b>I. Verbuch, O. Medvid</b> DAIRY BEEF PRODUCTION OF DIFFERENT GENOTYPES .....	136
<b>V. Kyryliuk, T. Tymoshchuk, H. Kotelnytska, V. Barladiuha, D. Dolid</b> SUPPLIES OF PRODUCTIVE MOISTURE AND YIELDING CAPACITY OF CROPS ROTATION DEPENDING ON THE SYSTEMS OF BASIC TILLAGE AND FERTILIZING .....	141
<b>RULES FOR AUTHORS.....</b>	149



UDC 619.612.34:636.8:636.7

## FEATURES OF PANCREAS STRUCTURE IN CLINICALLY HEALTHY DOGS AND CATS

L. Horalsky, I. Sokulskii, O. Kovalchuk, I. Horalska

### Article info

Received  
18.05.2020

Accepted  
24.06.2020

Zhytomyr  
National  
Agroecological  
University  
7, Staryi Blvd,  
Zhytomyr,  
10008, Ukraine

E-mail:  
[goralsky@ukr.net](mailto:goralsky@ukr.net);  
[sokulskiy\\_1979@ukr.net](mailto:sokulskiy_1979@ukr.net);  
[alezhka110293@gmail.com](mailto:alezhka110293@gmail.com);  
[iryna.goralska@gmail.com](mailto:iryna.goralska@gmail.com)

*Horalsky, L., Sokulskii, I., Kovalchuk, O., Horalska, I. (2020). Features of pancreas structure in clinically healthy dogs and cats. Scientific Horizons, 07 (92), 7–13. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-7-13.*

*This paper deals with the comparative characteristics of macro and macro microscopic structure of the pancreas in clinically healthy adults dogs and cats. Anatomical, histological, morphometric and statistical methods of research.*

*The pancreas is the second largest gland of the digestive system. Her the exocrine portion provides adequate digestion. Endocrine part – regulates the metabolism of carbohydrates, lipids and proteins. This is a big chubby parenchymal organ with complex tubular-alveolar structure. Stroma the pancreas of the test animals consists of a capsule, interparticular, inter-medial connective tissue section.*

*The analysis of organometric studies shows that it is absolute and relative the weight of the pancreas in dogs is  $29.90 \pm 2.80$  g and  $0.21 \pm 0.02$  %, in cats, respectively –  $8.96 \pm 0.98$  g and  $0.38 \pm 0.06$  %. Bet length and width left, middle, right pancreas in pubescent dogs respectively equal to  $35.11 \pm 1.45$ ;  $3.63 \pm 0.22$ ;  $2.82 \pm 0.24$ ;  $2.64 \pm 0.21$  cm. In cats such parameters are respectively  $16.18 \pm 0.97$ ;  $1.35 \pm 0.17$ ;  $1.08 \pm 0.08$ ;  $0.97 \pm 0.09$  cm.*

*The microscopic structure of the pancreas of dogs and cats occupies the main part of the exocrine ( $98.56 \pm 0.06$  % in dogs and  $97.88 \pm 0.05$  % in cats) and the rest endocrine ( $1.44 \pm 0.06$  % and  $2.12 \pm 0.05$  %) parenchyma of the software, respectively. Her the structural unit is acinuses, which are tightly spaced and not defined orientation. Cells of acini are mainly pyramidal in shape. Nuclei pancreaticocytes are rounded with distinct large nuclei. Endocrine pancreatic function is performed by the islands of Langerhans, which do not have of their own capsule, so they are separated from the acini by only a small layer reticular tissue.*

*Morphometric studies have shown that the area is exocrine parts of the pancreas in dogs per unit (approx. 16, vol. 8) is  $445044 \pm 312.81 \mu\text{m}^2$  ( $98.56 \pm 0.06$  %). Cats have this figure significantly ( $P < 0.05$ ) decreases and accordingly equals  $431825 \pm 144.18 \mu\text{m}^2$  ( $97.88 \pm 0.05$  %). The endocrine part of the parenchyma of the gland in dogs occupies  $6559.80 \pm 311.44 \mu\text{m}$  or  $1.44 \pm 0.06$  % per unit area (approx. 16, vol. 8), and in cats, respectively –  $6894.87 \pm 312.12 \mu\text{m}$  or  $2.12 \pm 0.05$  %.*

*The acinuses are mainly rounded in dogs and elongated in cats and occupy the bulk of the parenchyma of the organ. Their diameter is in dogs is  $36.60 \pm 0.12 \mu\text{m}$ , in cats –  $28.11 \pm 0.11 \mu\text{m}$ . The islands of Langerhans are often rounded in diameter dogs is  $58.08 \pm 5.79 \mu\text{m}$ , which is 1.21 times less than cats ( $70.20 \pm 2.48 \mu\text{m}$ ).*

**Key words:** pancreas, parenchyma, morphological studies, exocrine part, endocrine part, acini, nuclei of pancreaticocytes.

## ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ КЛІНІЧНО ЗДОРОВИХ СОБАК ТА КОТІВ

Л. П. Горальський, І. М. Сокульський, О. М. Ковальчук, І. Ю. Горальська  
Житомирський національний агроекологічний університет  
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Дана робота присвячена порівняльній характеристиці макро- та мікроскопічної будови підшлункової залози у клінічно здорових статевозрілих собак та котів. При виконанні досліджень використовували анатомічні, гістологічні, морфометричні та статистичні методи досліджень.

Підшлункова залоза друга за величиною залоза травної системи. Її екзокринна частина забезпечує адекватний перебіг травлення. Ендокринна частина – регулює обмін вуглеводів, ліпідів і білків. Це великий пухкий паренхіматозний орган зі складною трубчасто-альвеолярною будовою. Строма підшлункової залози досліджуваних тварин складається із капсули, міжчасточкових, міжацинарних сполучнотканинних перетинок.

Аналіз органометричних досліджень показує, що абсолютна та відносна маса підшлункової залози у собак становить  $29,90 \pm 2,80$  г та  $0,21 \pm 0,02$  %, у котів, відповідно,  $8,96 \pm 0,98$  г та  $0,38 \pm 0,06$  %. Довжина залози та ширина лівої, середньої, правої часток підшлункової залози у статевозрілих собак, відповідно, дорівнює  $35,11 \pm 1,45$ ;  $3,63 \pm 0,22$ ;  $2,82 \pm 0,24$ ;  $2,64 \pm 0,21$  см. У котів такі параметри складають  $16,18 \pm 0,97$ ;  $1,35 \pm 0,17$ ;  $1,08 \pm 0,08$ ;  $0,97 \pm 0,09$  см, відповідно.

Мікроскопічно основну частину паренхіми підшлункової залози собак і котів складає екзокринна ( $98,56 \pm 0,06$  % у собак та  $97,88 \pm 0,05$  % у котів), а решта – ендокринна ( $1,44 \pm 0,06$  % та  $2,12 \pm 0,05$  %, відповідно). Її структурною одиницею є ацинуси, що розташовані щільно і не мають певної орієнтації. Клітини ацинусів в основному мають пірамідальну форму. Ядра панкреатоцитів округлі з чітко вираженими великими ядерцями. Ендокринну функцію підшлункової залози виконують острівці Лангерганса, які не мають власної капсули, тому вони відокремлені від ацинусів лише незначним шаром ретикулярної тканини.

Морфометричними дослідженнями встановлено, що площа екзокринної частини підшлункової залози у собак на умовну одиницю (ок. 16, об. 8) становить  $445044 \pm 312,81$  мкм<sup>2</sup> ( $98,56 \pm 0,06$  %). У котів такий показник достовірно ( $P < 0,05$ ) зменшується і відповідно дорівнює  $431825 \pm 144,18$  мкм<sup>2</sup> ( $97,88 \pm 0,05$  %). Ендокринна частина паренхіми залози у собак займає  $6559,80 \pm 311,44$  мкм або  $1,44 \pm 0,06$  % на умовну одиницю площі (ок. 16, об. 8), а у котів відповідно –  $6894,87 \pm 312,12$  мкм або  $2,12 \pm 0,05$  %.

Ацинуси мають переважно округлу форму у собак та видовжену форму у котів і займають основну частину паренхіми органа. Їх діаметр у собак становить  $36,60 \pm 0,12$  мкм, у котів –  $28,11 \pm 0,11$  мкм.

Острівці Лангерганса найчастіше мають округлу форму, діаметр яких у собак становить  $58,08 \pm 5,79$  мкм, що у 1,21 рази менше відносно котів ( $70,20 \pm 2,48$  мкм).

**Ключові слова:** морфологічні дослідження, екзокринна частина, ендокринна частина, ацинуси, ядра панкреатоцитів.

### Вступ

Актуальним питанням сьогодення щодо закономірностей розвитку, будови і функціонування організму людини і тварин є всебічне, комплексне вивчення складу і структурно-функціональних особливостей організму в цілому та зокрема апарату травлення вищих організмів, до якого відносять і підшлункову залозу (Milastnaya et al., 2019).

Дослідженням гістоархітекtonіки органів травлення, в тому числі підшлункової залози, у дрібних домашніх тварин займалися лише окремі

науковці (Tymoshenko et al., 2009; Yanko et al., 2016). Доведена висока ефективність морфометричної оцінки структурно-функціонального стану організму тварин на клітинному, тканинному та органному рівнях. З'являється лише незначна кількість наукових публікацій морфофункціонального стану підшлункової залози в нормі. Саме тому вивчення гістоархітекtonіки підшлункової залози клінічно здорових статевозрілих собак і котів є актуальним питанням ветеринарної медицини.

Підшлункова залоза – майже єдиний орган,

який, завдяки поєднанню зовнішньої секреторної та ендокринної функції, бере участь практично в усіх фізіологічних процесах (Kovalchuk & Horalskaya 2018). Перша продукує сік підшлункової залози, що надходить у дванадцятипалу кишку. У другій частині залози синтезуються гармони, які надходять у кров (Horalsky et al., 2017). Порушення будови та функції підшлункової залози, призводять до захворюваності різноманітного генезу (Newman et al., 2004; Horalsky et al., 2016). Проте через анатомічні особливості та складність регуляції функцій, діагностика різноманітних патологічних станів підшлункової залози надзвичайно складна (Steiner et al., 2006).

У фармацевтичній промисловості з підшлункової залози тварин виробляють гормони: інсулін, ліпокаїн, ангіотрофін; отримують ферментні препарати: трипсин, хімотрипсин, хімопсин, дезоксирибонуклеазу і рибонуклеазу, еластазу, колагеназу, а також панкреатин медичний і технічний (Gut, 2011).

Водночас видова і вікова морфологія підшлункової залози у свійських тварин, особливо у собак та котів, наразі висвітлена ще недостатньо, а відомості з морфофункціональних особливостей залози є суперечливі, що є актуальним для наших досліджень. Тому, дослідження морфофункціональної характеристики та морфометричних параметрів підшлункової залози у тварин має надзвичайно важливе значення для фахівців гуманної та ветеринарної медицини.

### Матеріали та методи

Метою нашої роботи було з'ясувати макро- та мікроскопічну будову, а також морфометричні параметри підшлункової залози клінічно здорових статевозрілих собак та котів.

Морфологічні дослідження здійснювали на кафедрі анатомії і гістології факультету ветеринарної медицини Житомирського національного агроекологічного університету. Об'єктом для дослідження була підшлункова залоза статевозрілих собак та котів (n=10).

В роботі використовувались анатомічні, гістологічні морфометричні та статистичні методи дослідження (Horalsky et al., 2019).

Виконане дослідження є частиною наукової тематики кафедри анатомії і гістології

Житомирського національного агроекологічного університету «Розвиток, морфологія та гістохімія органів тварин у нормі та при патології», державний реєстраційний № 0120U100796.

Для гістологічного дослідження шматочки матеріалу піддавали фіксації в 10–12 % розчині нейтрального формаліну а також рідині Карнуа, з наступною заливкою матеріалу в парафін за схемами викладеними у посібнику Л. П. Горальського, В. Т. Хомича, О. І. Кононського (Horalsky et al., 2019). Гістологічні зрізи виготовляли на санному мікротомі МС–2. Їх товщина не перевищувала 6–10 мкм.

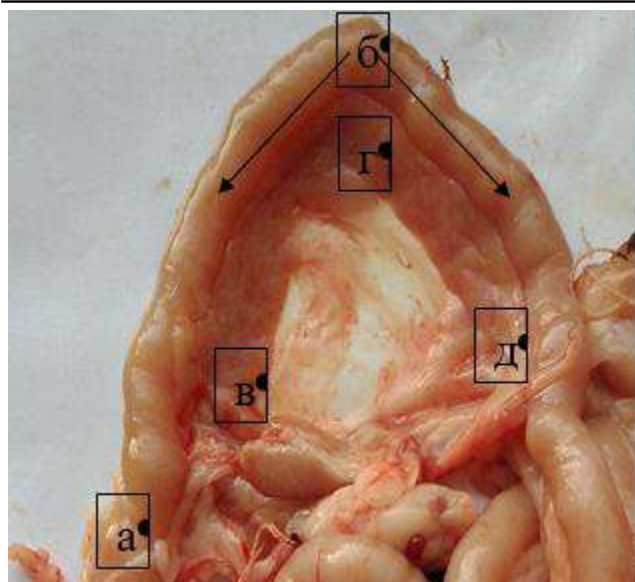
З метою вивчення мікроскопічної будови клітин і тканин за світлової мікроскопії та проведення морфометричних досліджень підшлункової залози, серійні зрізи фарбували гематоксиліном та еозином та за Ван – Гізон.

Співвідношення екзо- та ендокринної частин підшлункової залози визначали, як правило, за допомогою вмонтованої в окуляр мікроскопу МБС–10 окулярної сітки. В усіх дослідних тварин за однакового збільшення мікроскопа, рахували кількість квадратів, зайнятих тією чи іншою гістоструктурою. Потім, шляхом відношення конкретної площі, займаної на поверхні зрізу до загальної, визначали співвідношення необхідного показника.

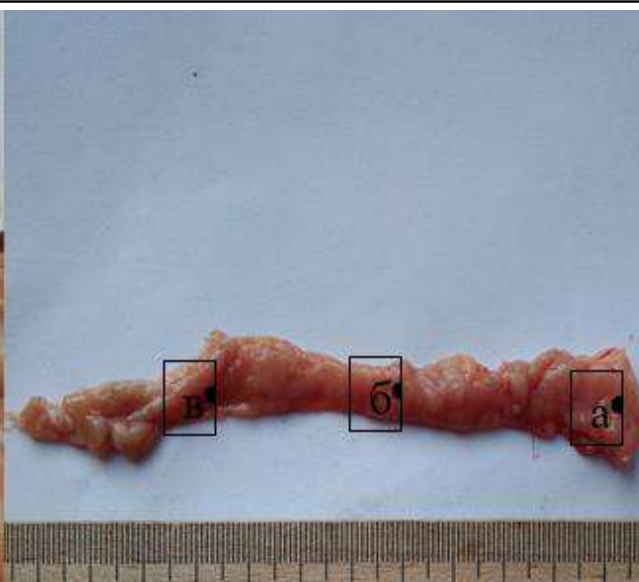
Мікроскопічну будову тканинних компонентів підшлункової залози у дослідних тварин визначали за допомогою світлового мікроскопу Micros МС–50 (ок. 16, об. 8; ок. 16, об. 40). Фотографування гістологічних препаратів здійснювали відеокамерою САМ V–200, вмонтованою у мікроскоп. Цифровий матеріал статистично обробляли за допомогою комп'ютерної програми "Excel" з пакету "Microsoft Office 2003".

### Результати досліджень та обговорення

Підшлункова залоза статевозрілих собак та котів побудована з тіла і двох часток – правої та лівої (рис. 1, 2). Права частка розміщена в брижі дванадцятипалої кишки. Ліва частка підшлункової залози – селезінкова. Вона у собак та котів простягається у дорсальну брижу шлунка, аж до дорсального кінця селезінки. Ліва та права частки підшлункової залози об'єднуються в тіло, яке розташоване поряд з краніальною частиною дванадцятипалої кишки.



**Рис. 1. Загальна будова підшлункової залози статевозрілого кота:** а – пілорична частина шлунка; б – дванадцятипала кишка; в – ліва частка залози; г – тіло залози; д – права частка залози.  
Макропрепарат



**Рис. 2. Загальна будова підшлункової залози статевозрілого кота:** а – ліва частка залози; б – тіло залози; в – права частка залози.  
Макропрепарат

За результатам органометричних досліджень абсолютна маса підшлункової залози у статевозрілих собак становить  $29,90 \pm 2,80$  г, відносна  $0,21 \pm 0,02$  %, у котів, відповідно,  $8,96 \pm 0,98$  г та  $0,38 \pm 0,06$  %. Довжина підшлункової залози у статевозрілих собак займає  $35,11 \pm 1,45$  см, ширина лівої частки –  $3,63 \pm 0,22$  см, середньої –  $2,82 \pm 0,24$  см та правої  $2,64 \pm 0,21$  см. У котів такі параметри відповідно складають  $16,18 \pm 0,97$ ;  $1,35 \pm 0,17$ ;  $1,08 \pm 0,08$  і  $0,97 \pm 0,09$  см.

Мікроскопічна будова підшлункової залози статевозрілих собак та котів має подібну будову. Гістоархітектоніка залози сформована окремими часточками: екзокринною та ендокринною (рис. 3). Зовні орган вкритий дуже тонкою сполучнотканинною капсулою (рис. 4).

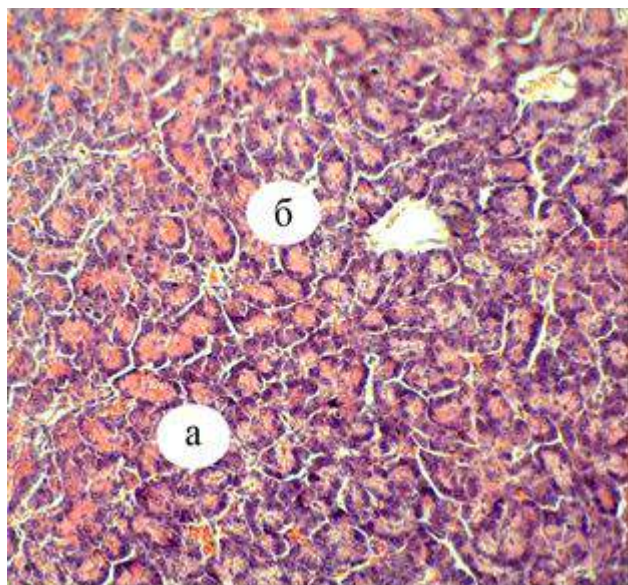
Гістологічно підшлункова залоза складається зі строми та паренхіми. Строма підшлункової залози досліджуваних тварин у своєму складі має капсулу, міжчасточкові та міжацинарні сполучнотканинні перетинки. Капсула залози сформована трьома шарами: зовнішнім, середнім та внутрішнім. Зовнішній шар капсули ущільнений. При тім, волокнисті структури домінують над клітинними елементами. Крім того, виявляються жирові клітини (їх скупчення) під зовнішнім та під середнім шаром, особливо в місцях з'єднання з дванадцятипалою кишкою,

таких жирових клітин більше знаходяться у котів.

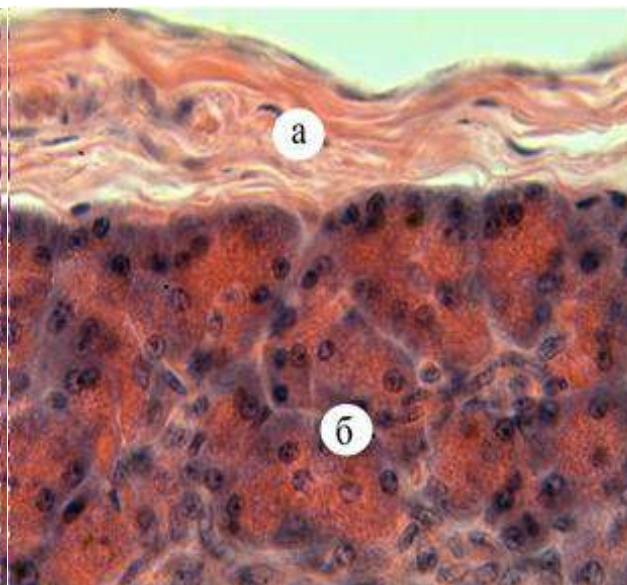
Міжчасточкова сполучна тканина підшлункової залози у дослідних тварин сформована нерівномірним розташуванням ретикулярних, еластичних та колагенових волокон. Найбільш розвинена сполучна тканина знаходиться навколо судин, а також біля протоків підшлункової залози (рис. 5, 6).

За аналізу гістологічних препаратів, зафарбованих гематоксином та еозином паренхіми підшлункової залози, її екзокринна частина містить ацинуси, переважно округлої форми у собак (рис. 7) та видовженої форми у котів (рис. 8) які займають основну частину паренхіми органу.

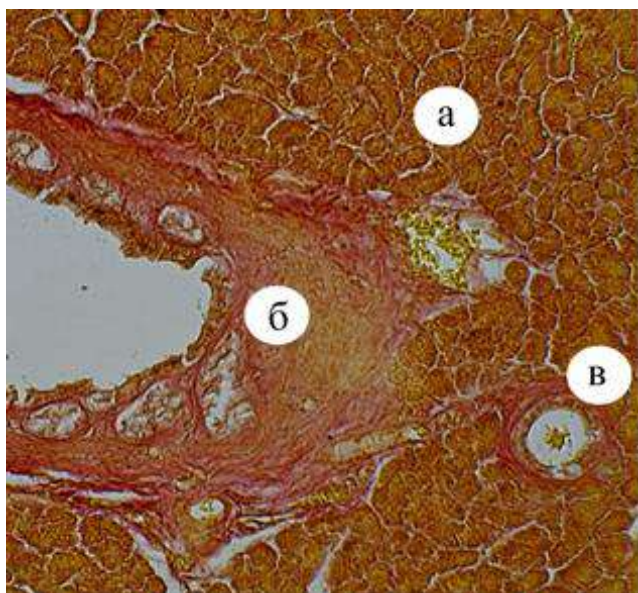
Екзокринна частина підшлункової залози сформована вивідними вставними протоками, останні, як правило, зливаються у більші, які, в свою чергу, впадають у головний вивідний проток залози. Протоки екзокринної частини органа розміщені всередині часток та між ними. Слизова оболонка міжчасточкових протоків сформована епітеліальною пластинкою, яка вистелена високим призматичним епітелієм та має у своєму складі власну сполучнотканинну пластинку. Просвіт вивідних внутрішньочасточкових протоків покритий одношаровим кубічним епітелієм.



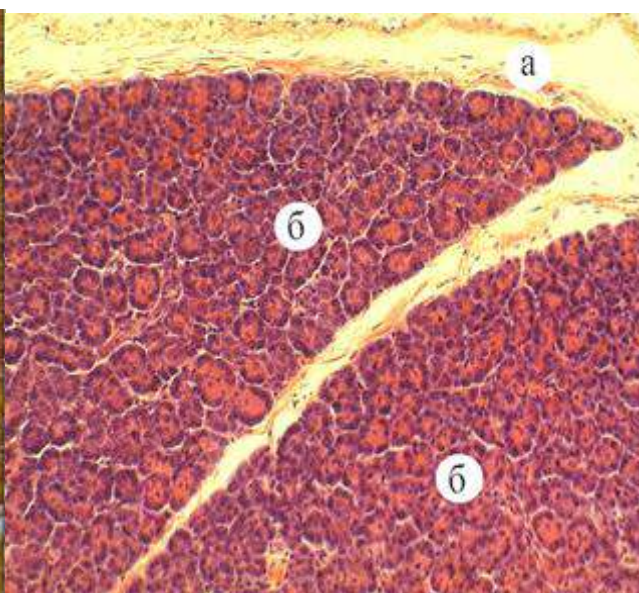
**Рис. 3. Фрагмент мікроскопічної будови підшлункової залози статевозрілої собаки:**  
а – екзокринна частина (ацинуси);  
б – міжчасточкова сполучна тканина.  
Гематоксилін Караці та еозин.  $\times 180$



**Рис. 4. Фрагмент мікроскопічної будови підшлункової залози статевозрілої собаки:**  
а – сполучно-тканинна капсула; б – ацинуси.  
Гематоксилін Караці та еозин.  $\times 300$



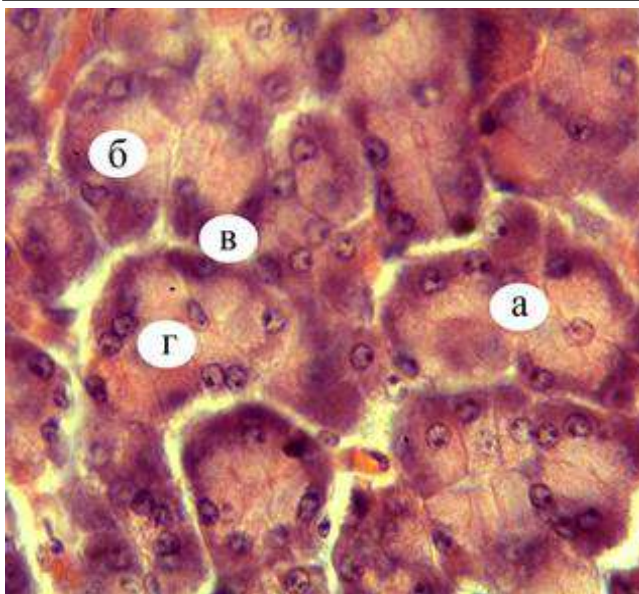
**Рис. 5. Фрагмент мікроскопічної будови підшлункової залози статевозрілої собаки:**  
а – екзокринна частина; б – судина великого калібру; в – вивідний проток.  
Ван-Гізон.  $\times 160$



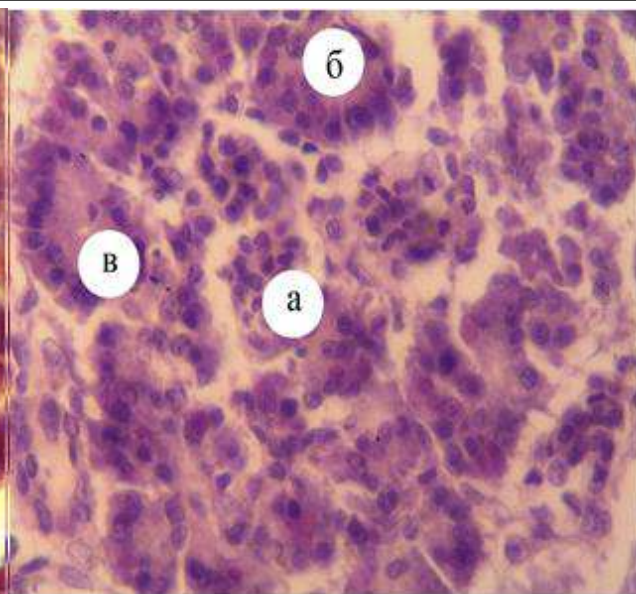
**Рис. 6. Фрагмент мікроскопічної будови підшлункової залози статевозрілої собаки:**  
а – сполучнотканинна капсула;  
б – екзокринна частина (ацинуси).  
Гематоксилін Караці та еозин.  $\times 120$

Нашими гістометричними дослідженнями встановлено, що площа зайнята екзокринною паренхімою підшлункової залози статевозрілих собак становить  $445044 \pm 312,81$  мкм<sup>2</sup>

( $98,56 \pm 0,06$  %). У котів такий показник на умовну одиницю площі (ок. 16, об. 8) достовірно ( $p < 0,05$ ) зменшується і відповідно дорівнює  $431825 \pm 144,588$  мкм<sup>2</sup> ( $97,88 \pm 0,05$  %).



**Рис. 7. Фрагмент мікроскопічної будови підшлункової залози статевозрілої собаки:**  
а – ацинуса; б – панкреацити;  
в – ядра панкреатоцитів; г – вставний відділ.  
Гематоксилін Караці та еозин.  $\times 400$



**Рис. 8. Фрагмент мікроскопічної будови підшлункової залози статевозрілого кота:**  
а – острівець Лангерганса; б – ацинуса;  
в – вставний відділ.  
Гематоксилін Караці та еозин.  $\times 360$

У результаті проведених нами морфометричних досліджень, ацинуса підшлункової залози, діаметр яких у статевозрілих собак складає  $36,60 \pm 0,12$  мкм, побудовані із 5–13 панкреатоцитів, у котів  $28,11 \pm 0,11$  мкм, відповідно. Об'єм панкреатоцитів та їх ядер у статевозрілих собак достовірно ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$ ) збільшується у 1,45 і 1,23 раза, порівняно з котами, та становить  $578,45 \pm 17,27$  і  $39,47 \pm 1,07$  мкм<sup>3</sup>, відповідно. Показник ядерно-цитоплазматичного

відношення панкреатоцитів у собак по відношенню до котів достовірно зменшується ( $p < 0,01$ ) і дорівнює  $0,095 \pm 0,02$  ум. од. (табл. 1).

Ендокринна частина підшлункової залози собак та котів сформована з острівців Лангерганса, що мають різну величину та різну форму: у собак найчастіше вони мають округлу форму, діаметр яких становить  $58,08 \pm 5,79$  мкм, що у 1,21 раза менше відносно котів (табл. 1).

**Таблиця 1. Морфометричні показники підшлункової залози статевозрілих собак та котів ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )**

Показники	Одиниці виміру	Тварини	
		статевозрілі собаки	статевозрілі коти
Площа екзокринної частини	%	$98,56 \pm 0,06$	$97,88 \pm 0,05^*$
	мкм <sup>2</sup>	$445044 \pm 312,81$	$431825 \pm 144,18^*$
Площа ендокринної частини	%	$1,44 \pm 0,06$	$2,12 \pm 0,05^*$
	мкм <sup>2</sup>	$6559,80 \pm 311,44$	$6894,87 \pm 312,12^*$
Діаметр ацинусів	мкм	$36,60 \pm 0,12$	$28,11 \pm 0,11^{**}$
Діаметр острівців Лангерганса	мкм	$58,08 \pm 5,79$	$70,20 \pm 2,48^{**}$
Об'єм панкреатоцитів	мкм <sup>3</sup>	$578,45 \pm 17,27$	$398,43 \pm 18,78^{***}$
Об'єм ядра панкреатоцитів	мкм <sup>3</sup>	$39,47 \pm 1,07$	$32,04 \pm 1,52^{**}$
Ядерно цитоплазматичне відношення	ум. од.	$0,095 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,001^{**}$

Примітка: \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$

Загалом (на умовну одиницю площі: ок. 16, об. 8) ендокринна частина паренхіми підшлункової залози у собак становить  $6559,80 \pm 311,44$  мкм<sup>2</sup> ( $1,44 \pm 0,06$  %), а у котів –  $6894,87 \pm 312,12$  мкм<sup>2</sup> ( $2,12 \pm 0,05$  %), (табл. 1).

### Висновки

1. Підшлункова залоза статевозрілих собак та котів пухкий паренхіматозний орган зі складною трубчасто-альвеолярною будовою. Строма підшлункової залози досліджуваних тварин складається із капсули, міжчасточкових, міжацинарних сполучнотканинних перетинок. Основну масу залози займає екзокринна частина. Її структурною одиницею є ацинуси, переважно округлої форми у собак та видовженої форми у котів.

2. Ацинуси підшлункової залози у статевозрілих собак, діаметр яких складає  $36,60 \pm 0,12$  мкм, побудовані із 5–13 панкреатоцитів, у котів  $28,11 \pm 0,11$  мкм, відповідно. Об'єм панкреатоцитів та їх ядер у статевозрілих собак достовірно ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$ ) збільшується у 1,45 і 1,23 раза, порівняно з котами, та становить відповідно  $578,45 \pm 17,27$  і  $39,47 \pm 1,07$  мкм<sup>3</sup>. Показник ядерно цитоплазматичного відношення панкреатоцитів у собак по відношенню до котів достовірно зменшується ( $p < 0,01$ ) і дорівнює  $0,095 \pm 0,02$  ум. од.

3. Острівці Лангерганса у досліджуваних тварин мають різну величину та різну форму: у собак частіше округлу, їх діаметр становить  $58,08 \pm 5,79$  мкм, що у 1,21 раза менше відносно котів.

### References

Horalskyi L. P. (2017) Pankreatyt собак [Dog Pancreatitis] (2th ed.) Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian].

Horalskyi L. P., Khomych T. V., Kononskyi O. I. (2019). Osnovy histolohichnoi tekhniky i morfofunktsionalni metody doslidzhennia u normi ta pry patolohii. [Basics of histological technique and morphofunctional methods of research in normal and pathology]. Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian].

Horalskyi L. P., Sokulskiy I. M., Demus N. V. (2016) Patomorfologhiia pidshlunkovoi zalozy sobak za khronichnoho pankreatytu [Pathomorphology of dogs' pancreas in chronic pancreatitis]. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho., 3(70), pp 41-42.

doi:10.15421/nvlvet7010 [in Ukrainian].

Hut O. M. (2011) Poshyrennia patolohii pechinky ta pidshlunkovoi zalozy u sobak [Dissemination of liver and pancreatic pathology in dogs]. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho, 2(48), pp 62-63. [in Ukrainian].

Kovalchuk O. M., Horalska I. Yu. (2018) Osoblyvosti perebihu ta deiaki diahnostychni aspekty pankreatytu u kotiv [Features of the course and some diagnostic aspects of pancreatitis in cats] Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho., 88, pp 94-96. doi: 10.32718/nvlvet8817 [in Ukrainian].

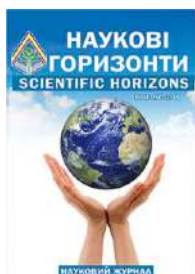
Milastnaia A. H., Borysevych B. V., Dukhnytskyi V. B., Lisova V. V. (2019) Histolohichne doslidzhennia pidshlunkovoi zalozy sobak za hostroho destruktivnoho pankreatytu [Histological examination of the pancreas of dogs with acute destructive pancreatitis]. Naukovyi zhurnal Naukovi horizonty: ZhNAEU, 9(82), pp 88-90. doi: 10.33249/2663-2144-2019-82-9-88-94 [in Ukrainian].

Newman S. J., Steiner J. M., Woosley K., Williams D. A., Barton L. (2006) Histologic assessment and grading of the exocrine pancreas in the dog. *Journal of veterinary diagnostic investigation.* Jan. № 18. pp. 115–117.

Newman S., Steiner J., Woosley K., Barton L., Ruaux C., Williams D. (2004) Localization of pancreatic inflammation and necrosis in dogs. *Journal of veterinary internal medicine.* Jul-Aug. 18(4). pp. 488–92.

Tymoshenko O. P., Busel Yu. M. (2009) Efektyvnist kompleksnoi diahnostyky pankreatytu v sobak, pidtverdzhena morfologichnymy doslidzhenniamy. [The effectiveness of complex diagnosis of pancreatitis in dogs, confirmed by morphological studies]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii, 1, pp 87-90. [in Ukrainian].

Yanko R. V., Berezovskyi V. Ya., Levashov M. I., Plotnikova L. M., Chaka O. H. (2016) Reaktsiia pidshlunkovoi zalozy spontanno-hipertenzyvnykh shchuriv na diiu ekzohennoho melatoninu u vesnianyi ta osinnii periody roku. [Response of the pancreas of spontaneously hypertensive rats to the effect of exogenous melatonin in the spring and autumn seasons] Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu, 7(2), pp 90-91. doi:10.15421/021616 [in Ukrainian].



UDC 636.5.09.084:612.8

## INFLUENCE OF TONE OF AUTONOMOUS NERVOUS SYSTEM ON GROWTH INTENSITY IN CHICKENS

E. Shnurenko, A. Studenok, V. Karpovskiy, V. Trokoz, R. Postoi

Article info

Received  
07.05.2020

Accepted  
24.06.2020

National  
University  
of Life and  
Environmental  
Sciences of  
Ukraine  
15, Heroyiv  
Oborony Str.,  
Kyiv,  
03041, Ukraine

E-mail:  
[ellina.fedchenko@gmail.com](mailto:ellina.fedchenko@gmail.com);  
[artemstudenok@gmail.com](mailto:artemstudenok@gmail.com);  
[karpovskiy@meta.ua](mailto:karpovskiy@meta.ua);  
[trokoz@nubip.edu.ua](mailto:trokoz@nubip.edu.ua)

*Shnurenko, E., Studenok, A., Karpovskiy, V., Trokoz, V., Postoi, R. (2020). Influence of tone of autonomous nervous system on growth intensity in chickens. Scientific Horizons, 07 (92), 14–18. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-14-18.*

The autonomic nervous system regulates the work of internal organs and the intensity of metabolic processes in animals and birds. However, the question of the influence of autonomous balance types on the productivity of chickens is insufficiently studied. The aim of work was to study the growth intensity of broiler chickens depending on the typological features of the tone of the autonomic nervous system. Cobb-500 cross-breed meat-producing chickens were used for the study. To study the typological features of autonomic tone in the experimental bird, an individual electrocardiogram was recorded, and one hundred R–R cardio intervals were calculated, which were processed by the method of variation pulsometry according to R. M. Baevisky. This allowed to divide all chickens into three groups: sympathotonics, normotonics and vagotonics. To determine the influence of the types of autonomic nervous regulation on the increase in live weight, the birds were weighed at 35 and 60 days of age and the indicators characterizing the growth intensity were calculated. As a result of the conducted researches it was established that the live weight in chickens-vagotonics of 35 days of age is probably higher by 11.29 % ( $p < 0.05$ ) than in chickens-sympathotonic. At the age of 60 days, vagotonic hens probably prevailed ( $p < 0.001$ ) in terms of live weight over chickens-normotonics. In addition, chickens-vagotonics were characterized by the highest rates of absolute, average daily and gross live weight gain compared to other types. Determining the types of autonomic nervous regulation and their relationship to live weight gain in chickens makes it possible to establish new methods for detecting birds with the highest productivity. This allows you to reduce the cost of fattening low-yielding poultry at an early stage of rearing, increase the number of high-yielding chickens, and get higher profits and meat production of broiler chickens.

**Key words:** sympathotonic, vagotonics, normotonics, variation pulsometry, gain.

## ВПЛИВ ТОНУСУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ У КУРЕЙ

Е. О. Шнуренко, А. А. Студенок, В. І. Карповський, В. О. Трокоз, Р. В. Постой

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Автономна нервова система регулює роботу внутрішніх органів та інтенсивність обмінних процесів в організмі тварин та птахів. Однак, питання щодо впливу типів автономного балансу на продуктивність курей є недостатньо вивченим. Метою роботи було дослідження показників інтенсивності росту у курей-бройлерів залежно від типологічних особливостей тонусу автономної

нервової системи. Для проведення досліджень використовували курей 35-добового віку м'ясного напрямку продуктивності кросу «Кобб-500». Для дослідження типологічних особливостей автономного тону у дослідної птиці проводили індивідуальний запис електрокардіограми, вираховували сто R–R кардіоінтервалів, які опрацювали методом варіаційної пульсометрії за Р. М. Баєвським. Це дозволило розділити всіх курей на три групи: симпатотоніків, нормотоніків та ваготоніків. Для визначення впливу типів автономної нервової регуляції на приріст живої маси тіла проведено зважування птиці у 35- та 60-добовому віці та обраховано показники, що характеризують інтенсивність росту. У результаті проведених досліджень встановлено, що жива маса у курей-ваготоніків 35-добового віку вірогідно вища на 11,29 % ( $p < 0,05$ ), ніж у курей-симпатотоніків. У 60-добовому віці кури-ваготоніки вірогідно переважали ( $p < 0,001$ ) за показниками живої маси над курами-нормотоніками. Крім того, кури-ваготоніки характеризувались найвищими показниками абсолютного, середньодобового та валового приросту живої маси порівняно з іншими типами. Визначення типів автономної нервової регуляції та їх взаємозв'язків із приростом живої маси тіла курей дає можливість встановити нові методи виявлення птиці із найбільшою продуктивністю. Це дозволяє на ранньому етапі дорощування зменшити витрати на відгодівлю слабопродуктивної птиці, збільшити кількість високопродуктивних курей, а також отримати вищі показники прибутку та виробництва м'яса курей-бройлерів.

**Ключові слова:** симпатотоніки, ваготоніки, нормотоніки, варіаційна пульсометрія, приріст.

### **Вступ**

Птахівництво – це одна із найприбутковіших галузей виробництва, яка в короткий термін може забезпечити ринок дієтичними продуктами живлення. Саме тому отримання максимальної продуктивності і зниження собівартості продукції – головне завдання, що стоїть перед галуззю (Karunsky & Makarinskaya, 2018). Продуктивність птиці залежить від рівня обміну речовин в організмі. Підвищена інтенсивність обмінних процесів в організмі сільськогосподарської птиці сприяє швидкому засвоюванню поживних речовин, ранній скоростиглості та високій продуктивності (Kyryliv et al., 2015). Встановлено, що показники обміну речовин в організмі сільськогосподарських тварин залежать від тону автономної нервової системи (АНС) (Zhurenko et al., 2018; Postoi et al., 2019). Однак питання щодо впливу автономного балансу на обмін речовин та продуктивність курей є ще недостатньо вивченим.

Варіабельність серцевого ритму відображає комплексне поєднання різноманітних рефлекторних механізмів регуляції системи кровообігу (Baevskiy et al., 2002). Автономна нервова система виконує регуляцію роботи та функцій більшості органів на підсвідомому рівні. Ця автоматична функція виконується за допомогою двох підрозділів: симпатичної та парасимпатичної нервової системи (Colville & Bassert, 2015). Відомо, що симпатична та парасимпатична нервові системи є основним механізмом регуляції роботи внутрішніх органів

та обміну речовин у тварин. Координуючий вплив на серцевий ритм зі сторони АНС визначається сукупністю тонічної активності у її симпатичних та парасимпатичних центрах та опосередковується через тонічну активність метасимпатичного відділу серця (Smirnov, 1993; Tybinka, 2011). Тому актуальним є питання комплексного вивчення впливу типів автономної нервової регуляції на м'ясну продуктивність організму курей у періоди їх росту та розвитку. Дослідження серцевого ритму та стану його автономної регуляції проводять на основі різних методів: 1) використання ортостатичних проб; 2) спектрального аналізу; 3) статистичних методів (Rahozyn, 2001; Zharinov et al., 2004).

### **Мета та методи досліджень**

Метою даної роботи було дослідження показників інтенсивності росту у курей-бройлерів у залежності від типологічних особливостей тону АНС.

Для формування дослідної групи було відібрано 32 курей м'ясної напрямку продуктивності кросу «Кобб 500» віком 35 днів. Дослідження проводилися на птахофермі Миргородського району с. Новооріхівка із підлоговим типом утримання на глибокій підстилці.

В першу чергу визначали типологічні особливості автономного тону. Для цього у кожної курки записали електрокардіограму за допомогою електрокардіографа ЕКЗТ-01-«Р-Д», використовуючи електроди типу «крокодил». Для

запису електрокардіограми було обрано мінімально допустиму швидкість руху стрічки, яка становила 50 мм/с (Reddy & Sivajothi, 2017). Обробку отриманих електрокардіограм проводили методом варіаційної пульсометрії за Р. М. Баєвським шляхом підрахунку 100 R-R кардіоінтервалів у стані спокою (Baevskiy et al., 1984). Водночас визначали два основних показники: моду ( $M_0$ ) та амплітуду моди ( $A_{M_0}$ ). На основі цього робиться висновок про тонус автономної нервової регуляції: якщо мода дорівнює 0,14–0,16 с – тварину відносять до симпатотоніків, 0,16–0,17 с – нормотоніків або 0,18–0,21 с – до ваготоніків. Частота серцевих скорочень у птиці значно вища, ніж у людей (від 120 уд. за хв.), тому показники  $M_0$  були скориговані шляхом п'ятикратного збільшення. Завдяки цьому отримані результати можна було легко співвідносити з показниками, які використовують у гуманній медицині: нормотонічний тип – 0,8–0,9 с; симпатикотонічний – 0,5–0,8 с; ваготонічний – 1,0–1,2 с. Амплітуду моди використовують як додатковий параметр для уточнення тонузу автономної нервової системи: симпатотонія – >45 %, нормотонія – 40–45 %, ваготонія – <40 %. За отриманими результатами дослідна птиця була поділена на три групи відповідно до тонузу АНС: симпатотоніки, ваготоніки та нормотоніки.

Після формування дослідних груп за типами автономної регуляції було проведено зважування курей, визначення середньої живої маси. Для отримання даних про приріст живої маси курей дослідних груп процедура зважування була проведена повторно через 4 тижні у передзабійний період. Надалі, за результатами

визначення середньої живої маси, обчислювали середньодобовий (А), абсолютний (Б) та валовий (В) прирости, використовуючи відповідні формули:

$$A) C_n = (W_k - W_n) \div t,$$

де:  $C_n$  – середньодобовий приріст;  $W_k$  – жива маса у кінці облікового періоду, г;  $W_n$  – жива маса на початку облікового періоду, г;  $t$  – тривалість періоду.

$$B) A = W_k - W_n,$$

де:  $A$  – абсолютний приріст, г;  $W_k$  – жива маса у кінці облікового періоду, г;  $W_n$  – жива маса на початку облікового періоду, г.

$$B) B = W_c \times n,$$

де:  $B$  – валовий приріст;  $W_c$  – середня передзабійна маса тіла;  $n$  – кількість тварин.

Математичні розрахунки проведено шляхом статистичної обробки пакету аналізу даних в *Microsoft Office Excel* 2016.

### Результати досліджень

Встановлено, що на момент 35-добового віку у групи курей-ваготоніків середня маса тіла становила 1815 г, симпатотоніків – 1612 г, а у нормотоніків – 1654 г. Таким чином, у курей групи симпатотоніків та нормотоніків середня жива маса була меншою, відповідно, на 11,29 % ( $p < 0,05$ ) та 8,26 %, ніж у курей-ваготоніків (рис. 1). Це вказує на вплив ваготонічного типу АНС на здатність до накопичення поживних речовин та збільшення маси тіла шляхом посилення секреції залоз, перистальтики кишечника, а отже і більш швидкого перетравлення та засвоєння корму.

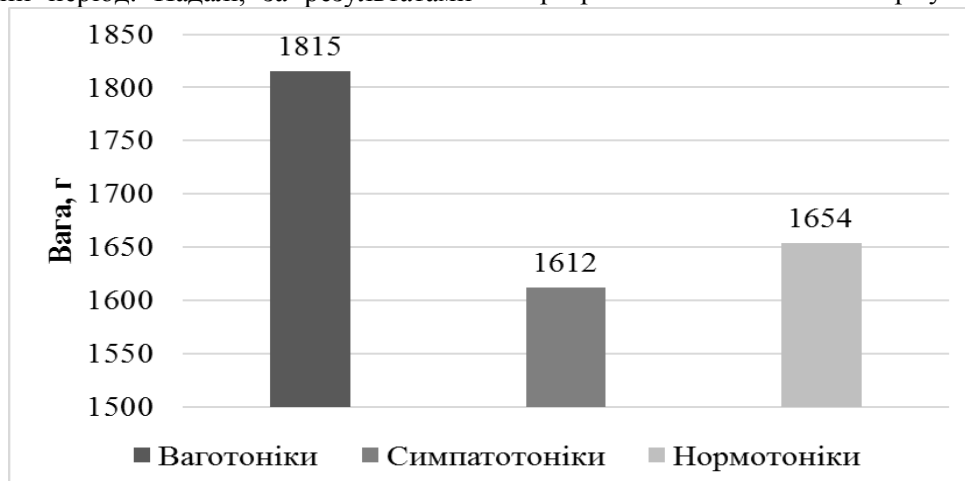


Рис. 1. Середня жива маса курей-бройлерів 35-добового віку в залежності від тонузу автономної нервової системи, г

Через 4 тижні у курей всіх дослідних груп жива маса тіла збільшилася в середньому у 2,13 раза. Водночас кури-ваготоніки та симпатотоніки стрімко набрали живу масу вагу і вона була більшою, відповідно, в 2,18 та 2,22 раза від попереднього зважування, а у курей-нормотоніків – лише у 1,98 раза, що є найменшим

показником серед всіх дослідних груп (рис. 2). Жива маса курей-ваготоніків у 60-добовому віці складала 3978 г, курей-симпатотоніків – 3627 г, нормотоніків – 3358 г. Кури-ваготоніки вірогідно переважали на 15,59 % за  $p < 0,001$  за показником живої маси тіла над групою курей-нормотоніків.

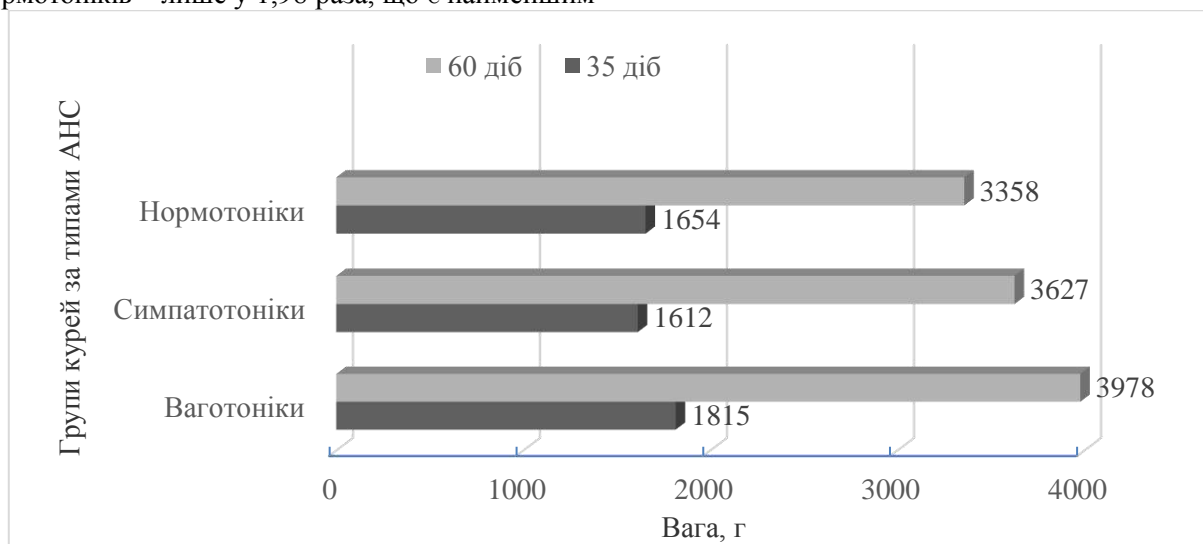


Рис. 2. Динаміка зміни живої маси курей-бройлерів у залежності від тонусу автономної нервової системи

Визначення абсолютного та середньодобового приростів живої маси дають змогу оцінити інтенсивність росту птиці. Середньодобовий приріст показує на скільки грамів в середньому за добу збільшилася жива маса птиці. Як показали результати наших досліджень, середньодобові прирости живої маси у курей-нормотоніків склали 46,43 г, ваготоніків – 61,29 г, симпатикотоніків – 56,29 г. Таким чином, у період з 35- до 60-добового віку середньодобові прирости живої маси у курей-ваготоніків були вищими на 5,00–14,86 г, ніж у курей-симпатотоніків та нормотоніків.

Абсолютний та валовий прирости характеризують швидкість росту організму птиці. Це збільшення живої маси птиці за певний проміжок часу, виражене в грамах. Абсолютний приріст у курей-ваготоніків склав 2145 г, симпатотоніків – 1970 г, а у нормотоніків – лише 1625 г. Водночас, найменший абсолютний приріст живої маси тіла спостерігався у курей-нормотоніків, що може бути пов'язано із більш вираженою з віком нестабільною автономною регуляцією обміну речовин. Абсолютний приріст живої маси тіла у курей-нормотоніків був вищим на 8,16–24,24 %, ніж у курей інших типів

вегетативної регуляції.

Відповідно, найвищий валовий приріст живої маси тіла встановлено у групі курей із переважанням парасимпатичного відділу АНС – 31680 г. Валовий приріст живої маси тіла у курей-симпатотоніків склав 28640 г, у курей-нормотоніків – 26320 г.

Результати досліджень вказують на те, що тонус АНС певним чином впливає на показники, що характеризують інтенсивність росту у курей-бройлерів. Таким чином, виявлено стабільно найвищий приріст живої маси тіла у курей-ваготоніків у період 35–60-добового віку, що обумовлює необхідність розробки альтернативних методів визначення типів автономної нервової регуляції для раннього відбору сільськогосподарської птиці на птахофермах. У масштабах великого виробництва збільшення приросту навіть на 100 г, як це відбувається у випадку із ваготоніками, може принести значні фінансові прибутки, що доводить необхідність продовжувати дослідження автономної нервової регуляції птиці та використовувати метод варіаційної пульсометрії як метод раннього прогнозування м'ясної продуктивності у курей.

## Висновки

З'ясовано, що жива маса тіла у курей-бройлерів 35- та 60-добового віку відрізняється залежно від типу автономного балансу.

1. Встановлено, що у 35-добовому віці у курей-ваготоніків жива маса вища (на 11,29 %;  $p < 0,05$ ) порівняно із групою курей-симпатотоніків. Кури-ваготоніки 60-добового віку характеризувалися вищою (на 15,59 %;  $p < 0,001$ ) живою масою, ніж кури-нормотоніки. Крім того, кури із переважанням парасимпатичного відділу автономної нервової системи мали найвищі показники абсолютного, середньодобового та валового приросту живої маси порівняно з іншими типами.

2. Таким чином, результати досліджень вказують на те, що тонус автономної нервової системи впливає на інтенсивність приросту живої маси у курей м'ясного напрямку продуктивності. У подальшому планується дослідити вплив типологічних особливостей автономної нервової системи на показники продуктивності у курей за умови застосування біологічно активних речовин.

## References

Baevskiy, R. M., Kirillov, O. I., & Kletskin, S. V. (1984). *Matematicheskiy analiz izmeneniy serdechnogo ritma pri stresse* [Mathematical analysis of changes in heart rate during stress]. Moskva : Nauka [in Russian].

Bayevskiy, R. M., Ivanov, G. G., Chireykin, L. V., Gavrilyushkin, A. P., Dovgalevskiy, P. Ya., Kukushkin, Yu. A. ... Medvedev, M. M. (2002). *Analiz variabelnosti serdechnogo ritma pri ispolzovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem* [Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems]. *Vestnik aritmologii*, 24 (1), 62–93 [in Russian].

Colville, T. P., & Bassert, J. M. (2015). *Clinical anatomy and physiology for veterinary technicians*. Elsevier Health Sciences.

Karunskiy, O. Y. & Makarinskaya, A. V. (2018). *Dynamika pokaznykh krovi kurchat pry vykorystanni fermentnoho preparatu "Klerizym hranulovanyi" v yikh hodivli* [Dynamics of blood parameters of chickens when using the enzyme preparation "Granizim granular" in their feeding]. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 18(2). doi: 10.15673/gpmf.v18i2.953 [in Ukrainian].

Kyryliv, B. Y., Ratuch, I. B., Gunchak, A. V. & Fedorovych, E. I. (2015). *Biologichni ta metabolichni*

*osoblyvosti riznykh vydiv silskohospodarskoi ptytsi* [Biological and metabolic features of different species of poultry]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences*, 17 (1), 71–80 [in Ukrainian].

Postoi, R. V., Karpovsky, V. I., Danchuk, O. V. & Kryvoruchko, D. I. (2019). *Dynamika vmistu sechovyny u krovi svynomatok zalezno vid osoblyvostei diialnosti nervovoi systemy* [Dynamics of urea content in the blood of sows depending on the peculiarities of the nervous system]. *Scientific Horizons*, 6 (79), 77–83. doi: 10.33249/2663-2144-2019-79-6-77-82 [in Ukrainian].

Ragozin, A. N. (2001). *Klassifikatsiya perekhodnykh protsessov ritma serdtsa s ispolzovaniem spektralnogo analiza na ploskosti kompleksnykh chastot* [Classification transient cardiac rhythm using spectral analysis on the complex frequency plane]. *Uralskiy kardiologicheskii zhurnal*, 2, 18–23 [in Russian].

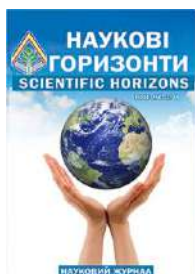
Reddy, B. S. & Sivajothi, S. (2017). *Avian electrocardiography a simple diagnostic tool*. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*, 2 (2). doi: 10.15406/ijawb.2017.02.00036.

Smirnov, V. M. (1993). *Issledovaniye tonusa simpaticheskoy nervnoy sistemy* [Study of the tone of the sympathetic nervous system]. *Byulleten eksperimentalnoy biologii i meditsyny*, 105 (5), 451–453 [in Russian].

Tybinka, A. M. (2011). *Osoblyvosti variatsiino-pulsometrychnykh pokaznykh kurei* [Features of variation-pulsometric indicators of chickens]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii im. Gzhytskoho*, 13 (4 (1)), 446–449 [in Ukrainian].

Zharinov, O. I., Sorokivskiy, M. S. & Cherniaka-Roiko, U. P. (2004). *Kholterivske monitoruvannya elektrokardiogramy: evoliutsiia klinichnoho zastosuvannya, diahnostychni mozhlyvosti, pokazannya* [Holter electrocardiogram monitoring: evolution of clinical application, diagnostic capabilities, indications]. *Ukrainskyi kardiologichnyi zhurnal*, 1, 122–132 [in Ukrainian].

Zhurenko, O., Karpovskiy, V., Danchuk, O. & Kravchenko-Dovga, Y. (2018). *The content of calcium and phosphorus in the blood of cows with a different tonus of the autonomic nervous system*. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Ser. Veterinary Sciences*, 20 (92), 8–12. doi: <https://doi.org/10.32718/nvlvet9202>.



UDC 504.4.504:628.316.13

**RESEARCH OF METHODS OF INACTIVATION OF THE ANTIBIOTIC CYPROFLOXACIN IN ORDER TO PREVENT ENVIRONMENTAL POLLUTION AND PROTECT HUMAN HEALTH**

**O. Vasenko<sup>1</sup>, I. Zinchenko<sup>1</sup>, K. Tsytlivshvili<sup>1</sup>, V. Bikasov<sup>2</sup>**

Article info

Received

19.05.2020

Accepted

24.06.2020

*Vasenko, O., Zinchenko, I., Tsytlivshvili, K., Bikasov, V. (2020). Research of methods of inactivation of the antibiotic ciprofloxacin in order to prevent environmental pollution and protect human health. Scientific Horizons, 07 (92), 19–25. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-19-25.*

<sup>1</sup> Research Institution "Ukrainian Research Institute of Environmental Problems", 6, Bakulina Str., Kharkiv, 61166, Ukraine,

<sup>2</sup> National Science Center Kharkiv Institute of Physics and Technology 1, Akademichna Str., Kharkiv, 61108, Ukraine,

E-mail:

[alexandr.vasenko@gmail.com](mailto:alexandr.vasenko@gmail.com);

[rfrfyutk@gmail.com](mailto:rfrfyutk@gmail.com);

[soroka.soroka2@gmail.com](mailto:soroka.soroka2@gmail.com)

@ gmail.com

Today the environmental problem of modern society is the rapid contamination of water resources around the world for pharmaceutical products, including antibiotics. According to the University of York (UK), contamination with antibiotics had covered two-thirds of the waterways of the planet. It was established experimentally that 90 % of antibiotics are applied into the surrounding environment: soil and water. Residues of medical drugs fall into rivers via human waste and animals and through the treatment plant, including pharmaceutical companies. On the other hand, under the influence of antibiotics can significantly change the biocenosis of water bodies. And bacteria gradually become immune to the effects of antibiotics. Therefore, the Ukrainian research Institute of ecological problems in cooperation with the National scientific center Kharkiv Institute of physics and technology experimental studies aimed at inactivation of bactericidal properties of antibiotic solution during processing ozone-air mixture. The study assessed the effectiveness of inactivation of antibiotic ciprofloxacin hydrochloride by methods related to deep oxidation AOPs technologies (Advanced Oxidation Processes) on the basis of combinations of ozonation, UV irradiation, treatment with hydrogen peroxide. Shown the prospects of using ozonation and O<sub>3</sub>/UV and O<sub>3</sub>/UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> to reduce the toxic effect of the antibiotic residues of ciprofloxacin relative to the test object *E. coli* in the aquatic environment. Found that ozonation of activated sludge treated with ciprofloxacin, reduces the toxic effect of the antibiotic and promotes the enzymatic activity of the biocenosis of activated sludge.

**Key words:** antibiotic, test-object, activated sludge, ozonation, UV irradiation, hydrogen peroxide, inactivation of the antibiotic

**ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ІНАКТИВАЦІЇ АНТИБІОТИКА ЦИПРОФЛОКСАЦИНА З МЕТОЮ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗАХИСТУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ**

**О. Г. Васенко<sup>1</sup>, І. В. Зінченко<sup>1</sup>, К. О. Цитлішвілі<sup>1</sup>, В. М. Бикасов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, вул. Бакуліна, 6, м. Харків, 61166, Україна

<sup>2</sup>Національний науковий центр Харківський фізико-технічний інститут вул. Академічна, 1, м. Харків, 61108, Україна

*Наразі екологічною проблемою сучасного суспільства є стрімке забруднення водних ресурсів всього світу фармацевтичною продукцією, у тому числі, антибіотиками. За даними Йоркського*

університету (Велика Британія), забруднення антибіотиками охопило дві третини водних шляхів планети. Експериментально встановлено, що до 90 % антибіотиків, що застосовуються, потрапляють у довкілля: ґрунти і водні об'єкти. Залишки медичних препаратів потрапляють в річки через відходи життєдіяльності людини і тварин, а також через очисні споруди, в тому числі, фармацевтичних підприємств. З іншого боку, під впливом антибіотиків може суттєво змінюватися біоценоз водних об'єктів. А хвороботворні бактерії поступово стають несприйнятливими до впливу антибіотиків. Тому Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем сумісно з Національним науковим центром Харківським фізико-технічним інститутом проведені експериментальні дослідження, спрямовані на інактивацію бактерицидних властивостей розчину антибіотика під час його оброблення озono-повітряною сумішшю. В ході дослідження проведена оцінка ефективності інактивації антибіотика ципрофлоксацину гідрохлориду методами, що відносяться до глибокого окиснення AOPs-технологій (Advanced Oxidation Processes) на основі комбінування озонування, УФ-опроміювання, оброблення пероксидом водню. Показана перспективність використання озонування, а також систем  $O_3/УФ$  і  $O_3/УФ/H_2O_2$  для зниження токсичної дії залишків антибіотика ципрофлоксацина щодо тест-об'єкта *Escherichia coli* у водному середовищі. Встановлено, що озонування активного мулу, обробленого ципрофлоксацином, знижує токсичну дію антибіотика і сприяє підвищенню ферментативної активності біоценозу активного мулу.

**Ключові слова:** антибіотик, тест-об'єкт, активний мул, озонування, УФ-опроміювання, пероксид водню, інактивація антибіотика.

### Вступ

Наразі великою проблемою сучасного суспільства у сфері екології є стрімке забруднення водних ресурсів всього світу фармацевтичною продукцією, у тому числі, антибіотиками, концентрація яких в деяких річках світу перевищує межі безпеки в 300 разів. Як показало глобальне наукове дослідження, ініційоване науковцями Йоркського університету (Велика Британія), забруднення антибіотиками охопило дві третини водних шляхів планети. Так, під час дослідження водних артерій 72-х країн, встановлена присутність в місцевих річках 14 видів найбільш поширених антибіотиків.

Наприклад, у Темзі, було знайдено п'ять найменувань антибіотиків. Наявність у воді одного з них – ципрофлоксацина – в три рази перевищило безпечний рівень. А в пробах води з річки Дунай науковці з Австрії визначили вміст 7 антибіотиків. Цей факт звертає увагу, тому що до основних притоків Дунаю також входять річки на території нашої країни – Тиса, Серет, Прут. На українській ділянці Дунаю розташовані міста Рені, Ізмаїл, Кілія, Вилкове, а також села Ренійського, Ізмаїльського та Кілійського районів Одеської області.

Під впливом антибіотиків може суттєво змінюватися біоценоз водних об'єктів. А хвороботворні бактерії поступово набувають резистентність до антибіотиків (Escher, 2005).

До останнього часу більшість робіт з

моніторингу довкілля щодо забруднення антибіотиками проводилася в Європі, Північній Америці та Китаї. Але дуже мало відомо про масштаби проблеми в усьому світі.

Авторами (Akimenko, 2014) експериментально встановлено, що до 90 % антибіотиків, що застосовуються, потрапляють у довкілля: ґрунт і водні об'єкти. Залишки медичних препаратів потрапляють в річки через відходи життєдіяльності людини і тварин, а також через недосконалу роботу очисних споруд, в тому числі, фармацевтичних підприємств (Akimenko, 2014; Andryuschenko, 2017; Dolina, 2018). За даними Асоціації «Health Care Without Harm» в середньому очисні споруди видаляють тільки близько 80 відсотків фармацевтичних речовин та їх залишків (Heberer, 2005). Навіть використання найсучасніших методів очищення не дозволяє повністю запобігти забрудненню: у очищеній стічній воді залишається до 10 відсотків препаратів. Установлено, що активний мул очисних споруд може акумулювати токсичні речовини, у тому числі, антибіотики (Chen, 2008). Тому важливим завданням є усунення впливу залишків стійких фармацевтичних препаратів антибіотиків на довкілля шляхом їх знешкодження (інактивації) (Balcioglu, 2003; Huber, 2003; Gurinovich, 2012).

### Матеріали та методи досліджень

Мета дослідження – оцінка ефективності інактивації антибіотика ципрофлоксацина

фізико-хімічними методами на основі АОРs-технологій.

Досліджували зразок антибіотика, що належить до групи фторхинолонів – ципрофлоксацина гідрохлорид (надалі – ЦФ). Концентрація розчину ЦФ, що досліджували, складала 5 мг/дм<sup>3</sup> (за активною речовиною).

Методи дослідження – фізико-хімічні та біохімічні.

Спосіб оброблення антибіотика – фізико-хімічні методи: застосування озono-повітряної суміші (озонування) за витратами озono-повітряної суміші – 1 л/хв. і концентрацією озону (15– 20) гО<sub>3</sub>/дм<sup>3</sup> (барботаж крізь диспергатор); застосування ультрафіолетового опромінювання (УФ); застосування пероксиду водню (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) в концентрації 0,3 %; а також комбінування цих методів (період оброблення розчину ЦФ складав 10, 20, 30 хвилин).

Для оцінювання бактерицидної активності ЦФ використовували тест-об'єкт – культуру кишкової палички – *Escherichia coli* В (та біоценоз активного мулу очисних споруд).

Оцінювання бактерицидної активності ЦФ на тест-об'єкт і активний мул у разі оброблення фізико-хімічними методами (Kim, 2010) проводили за біохімічним методом шляхом визначення ферментативної активності дегідрогеназного комплексу (ДГА) мікроорганізмів

(тест-об'єкта і активного мулу). Для визначення ДГА використовували модифіковану методику визначення ДГА під час технологічного контролю роботи аеротенків (Popechitelev, 2003; Tupin, 2010). ДГА – є показник метаболізму мікроорганізмів, який відчутно реагує на вплив токсичних речовин, у тому числі, антибіотиків. Шляхом порівняння ДГА тест-об'єкта або активного мулу, що знаходилися в оптимальних умовах існування, з ДГА тест-об'єкта або активного мулу після контакту з розчином ЦФ, оцінювали ступінь бактерицидних властивостей ЦФ при різних режимах його оброблення.

### Результати дослідження і обговорення

Зразки розчину ЦФ, до і після оброблення озono-повітряною сумішшю, змішували з суспензією *Escherichia coli* В (тест-об'єктом) у концентрації 10<sup>8</sup> кл/см<sup>3</sup> і визначали ДГА біомаси бактерій. Результати впливу зразків ЦФ до і після оброблення на тест-об'єкт надані на рис. 2. Контрольним зразком був тест-об'єкт (суспензія кишкової палички), що не контактував з антибіотиком.

Результати впливу зразків ЦФ, оброблених озono-повітряною сумішшю (20 мг/дм<sup>3</sup>), щодо тест-об'єкта (культури кишкової палички) надані на рис. 1–2.

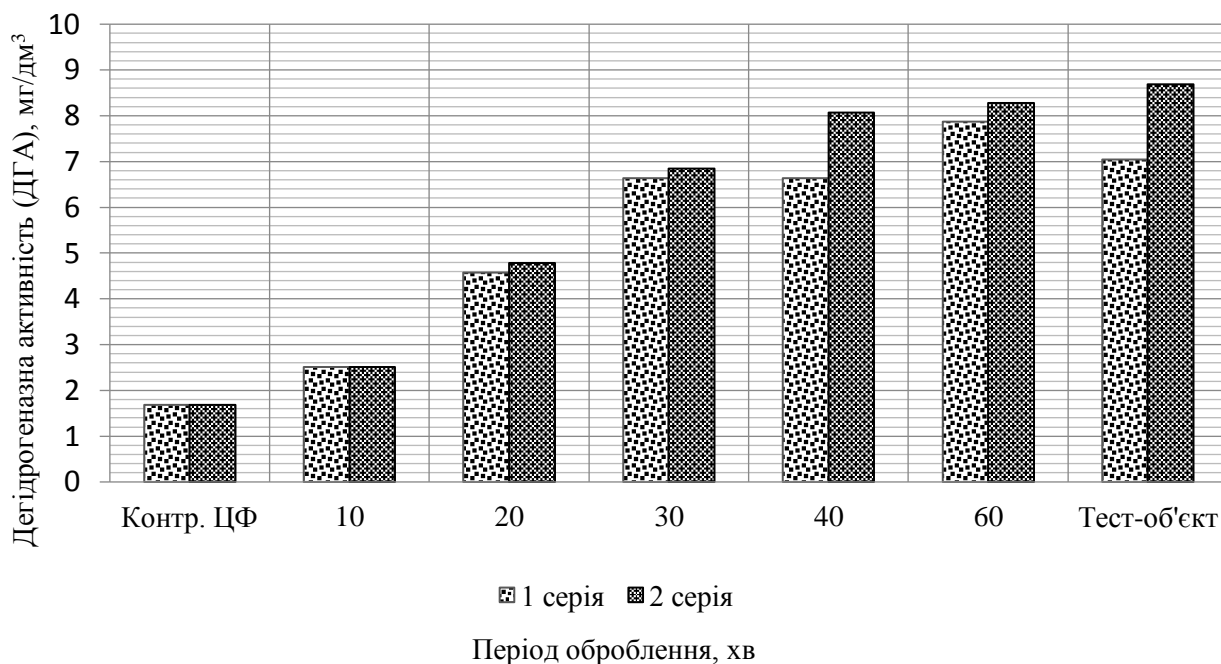


Рис. 1. Залежність дегідрогеназної активності тест-об'єкта від періоду оброблення розчину ЦФ озono-повітряною сумішшю

З отриманих даних (рис. 1) видно, що ДГА тест-об'єкта в обидних серіях експерименту мала великі значення – 7,04 мг/дм<sup>3</sup> і 8,69 мг/дм<sup>3</sup> (токсичний вплив відсутній), проте розчин ЦФ пригнічував життєдіяльність тест-об'єкта, що виражалось у зниженні ферментативної активності мікроорганізмів в 4–5 разів.

Оброблення зразків ЦФ озоном сприяло окисненню антибіотика, розчин якого втрачав бактерицидні властивості і його токсичний вплив на мікроорганізми тест-об'єкта знижувався (рис. 2), що виражалось в збільшенні ДГА мікроорганізмів тест-об'єкта, які контактували з обробленими зразками.

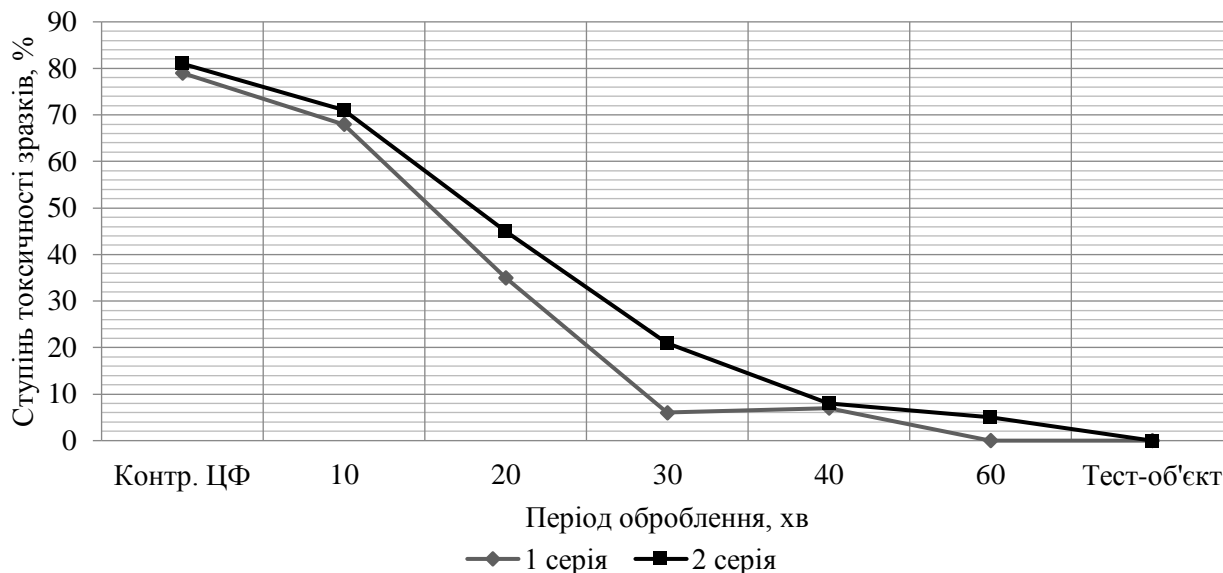


Рис. 2. Залежність ступеня токсичності зразків від періоду їх оброблення озоно-повітряною сумішшю

Якщо ступінь токсичності розчину ЦФ до оброблення озоно-повітряною сумішшю складала 79–81 %, то оброблення розчину ЦФ дозволило зменшити негативний вплив антибіотика аж до повної його інактивації. Зменшення токсичності залежало від періоду оброблення, так, значний ефект спостерігався після 30 хв. окиснення антибіотика озоном, а за годину оброблення розчин ЦФ практично був інактивованим.

В наступній серії досліджень оцінювали бактерицидні властивості антибіотика ЦФ при його обробленні комбінуванням різних методів. Ступінь токсичності (%) досліджуваних зразків визначали за відношенням різниці між ДГА контролю тест-об'єкта (контрольна проба №1) і ДГА досліджуваної проби до ДГА контролю тест-об'єкта (контрольна проба №2). У табл. 1 і на рис. 3 надані результати дослідження.

ДГА тест-об'єкта (контрольна проба №1) складала 24,24 мг/дм<sup>3</sup>, що відповідає високій активності ферментативної системи бактерій кишкової палички і відсутності токсичності розчину (табл. 1, п. 1).

ДГА тест-об'єкта при контакті з розчином

ЦФ (контрольна проба № 2) має низькі значення – 2,08 мг/дм<sup>3</sup>, що свідчить про пригнічення ферментативної системи бактерій кишкової палички. Ступінь токсичності розчину ЦФ відповідає 91 % (табл. 1, п. 2).

У процесі оброблення розчину ЦФ озонуванням і озонуванням сумісно з УФ опроміюванням токсичність розчину ЦФ відносно тест-об'єкта знижується (п. 3–8), що свідчить про інактивацію антибіотика. Водночас найменші значення токсичності спостерігаються при обробленні розчинів ЦФ системою О<sub>3</sub>/УФ за тривалості контакту 20–30 хв. Ступінь токсичності оброблених проб відносно контрольної проби № 2 знижується на (63–72 %) (табл. 1, п. 7 і 8).

Оброблення тест-об'єкта сумісно озоно-повітряною сумішшю, УФ-опроміюванням і пероксидом водню (О<sub>3</sub>/УФ/Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>) призвело до повного біоцидного ефекту, за якого ферментативна активність бактерій кишкової палички була пригнічена, що ймовірно пов'язано з високим залишковим редокс-потенціалом обробленого, таким способом, розчину ЦФ.

Таблиця 1. Визначення ДГА тест-об'єкта під час контактування з розчином ЦФ до і після його оброблення фізико-хімічними методами

№ з/п	Варіант обробки	ДГА, мг/дм <sup>3</sup> (усереднена)	Ступінь токсичності зразка, %
1	Контрольна проба № 1 (тест-об'єкт)	24,24	Токсичність відсутня
2	Контрольна проба № 2 (антибіотик ЦФ 5 мг/л + тест-об'єкт) без обробки	2,08	91
3	Озонування (O <sub>3</sub> ) (10 хв)	12,68	48
4	Озонування (O <sub>3</sub> ) (20 хв)	14,02	42
5	Озонування (O <sub>3</sub> ) (30 хв)	14,35	41
6	O <sub>3</sub> /УФ (10 хв)	15,89	34
7	O <sub>3</sub> /УФ (20 хв)	17,33	28
8	O <sub>3</sub> /УФ (30 хв)	19,60	19
9	O <sub>3</sub> /УФ/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (10 хв)	відсутня	100
10	O <sub>3</sub> /УФ/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (20 хв)	відсутня	100
11	O <sub>3</sub> /УФ/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (30 хв)	відсутня	100

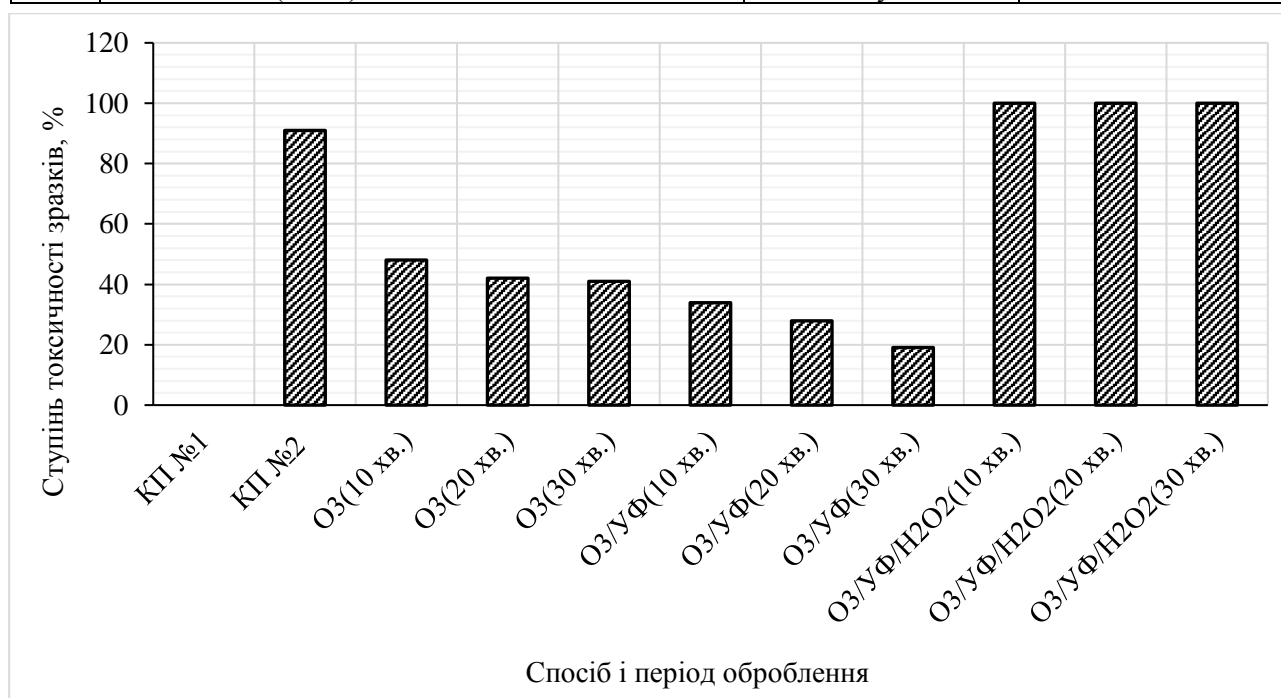


Рис. 3. Залежність ступеня токсичності антибіотика ЦФ від способу і періоду оброблення

Для визначення впливу розчину антибіотика ЦФ (до і після його оброблення фізико-хімічними методами) на життєздатність мікроорганізмів активного мулу (А.М.), досліджувані зразки змішували з суспензією А.М. (з очисних споруд) з наступним визначенням ферментативної активності мікроорганізмів активного мулу. Для визначення безпосереднього впливу на А.М. кожного методу визначали ДГА активного мулу після його оброблення методом, що досліджувався, але без додавання антибіотика ЦФ

(контрольні варіанти).

Досліджували наступні варіанти обробки активного мулу різними системами фізико-хімічних методів:

- А.М. + ЦФ + O<sub>3</sub> (обробка протягом 10, 20, 30 хв);
- А.М. + ЦФ + O<sub>3</sub>/УФ (обробка протягом 10, 20, 30 хв);
- А.М. + ЦФ + O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (обробка протягом 10, 20, 30 хв);
- А.М. + ЦФ + O<sub>3</sub>/УФ/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (обробка протягом 10, 20, 30 хв).

Як контрольні проби були зразки:  
 – А.М. очисних споруд (К1);  
 – А.М. очисних споруд + ЦФ (без обробки) (К2);  
 – А.М. очисних споруд + О<sub>3</sub>/(К3);  
 – А.М. очисних споруд + О<sub>3</sub>/УФ (К4);  
 – А.М. очисних споруд + О<sub>3</sub>/УФ/Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub> (К5).  
 Результати дослідження наведені в таблиці 2 і рис 3.

Таблиця 2. ДГА активного мулу при контактуванні з розчином ЦФ (до і після його оброблення фізико-хімічними методами)

№ з/п	Варіант обробки	ДГА, мг/дм <sup>3</sup> (усереднена)	Ступінь токсичності зразка, %
1	К1 (А.М. очисних споруд)	105,68	Токсичність відсутня
2	К2 (антибіотик ЦФ + А.М.) без обробки	48,22	54
3	К3 (А.М.+О <sub>3</sub> (без ЦФ))	115,24	Токсичність відсутня
4	ЦФ + О <sub>3</sub> (10 хв)	82,54	22
5	ЦФ + О <sub>3</sub> (20 хв)	88,48	16
6	ЦФ + О <sub>3</sub> (30 хв)	89,20	16
7	К4 (А.М.+О <sub>3</sub> /УФ (без ЦФ))	103,24	2
8	ЦФ + О <sub>3</sub> /УФ (10 м хв)	90,28	15
9	ЦФ + О <sub>3</sub> /УФ (20 хв)	91,89	13
10	ЦФ + О <sub>3</sub> /УФ (30 хв)	90,28	15
11	ЦФ + О <sub>3</sub> /Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> (10 хв)	83,73	21
12	ЦФ + О <sub>3</sub> /Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> (20 хв.)	90,87	14
13	ЦФ + О <sub>3</sub> /Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> (30 хв)	50,96	52
14	К5 (А.М.+О <sub>3</sub> /УФ/Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> (без ЦФ))	64,88	39
15	ЦФ + О <sub>3</sub> /УФ/Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> (10 хв)	51,59	51
16	ЦФ + О <sub>3</sub> /УФ/Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> (20 хв)	51,59	51
17	ЦФ + О <sub>3</sub> /УФ/Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> (30 хв)	48,22	54

Мікроорганізми активного мулу виявилися більш стійкі до дії антибіотика ЦФ (5 мг/дм<sup>3</sup>) (табл. 2, п. 2), ніж культура кишкової палички. Це можна пояснити, з одного боку, високою щільністю біомаси А.М., що контактував з ЦФ, з іншого боку, тим, що антибіотик має бактерицидну дію, яка спрямована проти бактерій, в той час як до складу А.М. входять різні таксономічні групи (наприклад, гриби, актиноміцети, найпростіші), що мають резистентність до антибіотика.

В пробах контрольних варіантів (А.М. без ЦФ), які були оброблені озонуванням і озонуванням сумісно з УФ-опромінуванням (К3 і К7), ДГА мікроорганізмів А.М. відповідала високим значенням, як і в контрольній пробі К1. Тобто оброблення активного мулу озонуванням, або озонуванням з УФ-опромінуванням, не справило (або майже не зробило) токсичної дії щодо А.М. (табл. 2, п. 3 і 7). Навпаки, оброблення А.М. озонуванням збільшило величину ДГА (ферментативну активність) активного мулу (табл. 2, п. 3). Проте в контрольній пробі К5 (А.М. без ЦФ), яка оброблялася сумісно озонуванням,

УФ-опромінуванням і пероксидом водню, визначена досить висока ступінь токсичності – 39 % (табл. 2, п. 14), що можна пояснити наслідком процесу оброблення – високим залишковим редокс-потенціалом зразків за рахунок утворення гідроксильних радикалів, які утворюються при сумісній обробці озонном і пероксидом водню.

За даними конкретного експерименту найбільш ефективними способами інактивації ЦФ є оброблення антибіотика озонуванням і озонуванням разом з УФ.

### Висновки

1. Оброблення розчинів антибіотика групи фторхінолонів – ципрофлоксацина гідрохлориду, досліджуваними фізико-хімічними методами призводить до зменшення його бактерицидної дії і ступеня токсичності щодо тест-об'єкта культури бактерій *Escherichia coli* В і мікроорганізмів активного мулу очисних споруд.

2. Озонування спільно з УФ-опромінуванням (система О<sub>3</sub>/УФ) дозволяє істотно підвищити ефективність окислення ЦФ. Таке поєднання

можна рекомендувати для інактивації антибіотиків при очищенні стічної води.

3. Попереднє озонування стічних вод може знижувати токсичну дію антибіотиків групи фторхінолонів, а також сприяти підвищенню ферментативної активності активного мулу, що може істотно підвищити ефективність роботи споруд біологічного очищення.

4. Всі досліджені способи оброблення ЦФ, що відносяться до методів глибокого окиснення AOPs-технології (Advanced Oxidation Processes), інактивують бактерицидну дію антибіотика. Вибір технології знешкодження залишків антибіотиків у воді залежить від складу стічних вод і необхідного ступеня очистки.

### References

- Akimenko, Yu. V., Kazeev, K. Sh. & Kolesnikov, S. I. (2014). Vliyanie antibiotikov (benzilpenitsillina, farmazina, nistatina) na biologicheskie svoystva chernozema obyknovennogo [The effect of antibiotics (benzylpenicillin, pharazine, nystatin) on the biological properties of chernozem]. *Pochvovedenie*, 9, 1095–1101 [in Russian].
- Andryuschenko, E. (2017, July 17). Lekarstva travyat pitevuyu vodu [Medicines poison drinking water]. *Dnepr vecherniy*. Retrieved from <http://dv-gazeta.info/vechyorka/zdorovje/lekarstva-travyat-pitevuyu-vodu.html> [in Ukrainian].
- Balcioglu, I. & Akmehmet, O. M. (2003). Treatment of pharmaceutical wastewater containing antibiotics by O<sub>3</sub> and O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes. *Chemosphere*, 1, 85–95.
- Chen, H. C., Wang, P. L. & Ding, W. H. (2008). Using liquid chromatography-ion trap mass spectrometry to determine pharmaceutical residues in Taiwanese rivers and wastewaters. *Chemosphere*, 72 (6), 863–869. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.04.005.
- Dolina L. F., Savina O. P. (2018) Ochistka vod ot ostatkov lekarstvennykh preparatov [Water purification from drug residues]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu*, 75 (3), 36–51 [in Ukrainian].
- Escher, B. I., Bramaz, N., Eggen, R. I. L. & Richter, M. (2005). In vitro assessment of models of toxic action of pharmaceuticals in Aquatic life. *Environmental science & technology*, 39 (9), 3090–3100. doi: <https://doi.org/10.1021/es048590e>.
- Gurinovich, A. D., Zhitenev, B. N. & Voronovich, N. V. (2012). Ochistka prirodnykh vod ot farmatsevticheskikh preparatov metodom okisleniya [Purification of natural waters from pharmaceuticals by oxidation]. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*, 2, 21–27.
- Heberer, T. & Feldmann, D. (2005). Contribution of effluents from hospital and private households to the total loads of diclofenac and carbamazepine in municipal sewage effluents-modeling versus measurements. *J. Hazardous Mater*, 3, 211–218. doi: 10.1016/j.jhazmat.2005.03.007.
- Huber, M. M., Canonica, S., Park, G.-Y. & von Gunten, U. (2003). Oxidation of pharmaceuticals during ozonation and advanced oxidation processes. *Environ. Sci. and Technol*, 37 (5), 1016–1024. doi: 10.1021/es025896h.
- Kim, I. & Tanaka, H. (2010). Use of Ozone-Based Processes for the Removal of Pharmaceuticals Detected in a Wastewater Treatment Plant. *Water Environment Research*, 82 (4), 294–301. doi: 10.2175/106143009X12487095236630.
- Popechitelev, E. P. & Startseva, O. N. (2003). Analiticheskiye issledovaniya v meditsine, biologii i ekologii [Analytical research in medicine, biology and ecology]. Moskva: Vysshaya shkola [in Russian].
- Tupin, P. A., Chukhchin, D. G. & Novozhilov, A. V. (2010). Razrabotka novogo metoda otsenki fermentativnoy okislitelnoy sposobnosti aktivnogo ilya [Development of a new method for assessing the enzymatic oxidative capacity of activated sludge]. *Lesnoy zhurnal*, 3, 119–124 [in Russian].

UDC 636:591.4:591.441

**CYTO- AND HISTOMETRY OF RUMINANTIA`S AND HORSES  
MESENTERIAL LYMPH NODES**

**L. Horalskyi<sup>1</sup>, O. Dunaievska<sup>2</sup>, N. Kolesnik<sup>1</sup>, I. Sokulskyi<sup>1</sup>, I. Horalska<sup>1</sup>**

*Article info*

*Received*  
12.05.2020

*Accepted*  
24.06.2020

<sup>1</sup> Zhytomyr  
National  
Agroecological  
University  
7, Staryi Blvd,  
Zhytomyr,  
10008, Ukraine

<sup>2</sup> Zhytomyr  
College of  
Pharmacy  
99, Chudnivska  
Str., Zhytomyr,  
10005, Ukraine

*E-mail:*  
[goralnsky@ukr.net](mailto:goralnsky@ukr.net);  
[oksana\\_fd@ukr.net](mailto:oksana_fd@ukr.net);  
[natacha\\_kolesnik@ukr.net](mailto:natacha_kolesnik@ukr.net);  
[sokulskyi\\_1979@ukr.net](mailto:sokulskyi_1979@ukr.net)

***Horalskyi, L., Dunaievska, O., Kolesnik, N., Sokulskyi, I., Horalska, I. (2020). Cyto- and histometry of ruminantia`s and horses mesenterial lymph nodes. Scientific Horizons, 07 (92), 26–31. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-26-31.***

*Features of histoarchitectonics, cyto- and histometry of mesenteric lymph nodes in ruminants (cattle, sheep) and horses have been clarified. Scientific studies show that the histoarchitectonics of mesenteric lymph nodes in experimental animals are similar but differ in certain morphometric parameters.*

*Lymph nodes are covered with a connective tissue capsule. Its thickness in cattle 1.7 fold greater than the thickness in sheep and horses. The parenchyma of the lymph nodes is formed by cortical and cerebral substances, the boundary between which is clearly expressed on the section of lymph nodes. According to the analysis of morphometric studies, the cortex is more developed in sheep (55.14±16.7 %), the brain - in horses (68.6±6.83 %). However, the average area of lymph nodes in sheep (0.19±0.05 mm<sup>2</sup>) and horses (0.08±0.01 mm<sup>2</sup>) is much smaller than in cattle (0.46±0.07 mm<sup>2</sup>). The cytostructure of lymph nodes is represented by various cellular elements, the most pronounced of which are blast forms, lymphocytes, reticular cells, macrophages, which differ in their structure and intensity of staining. In the lymph nodes of mesenteric lymph nodes in cattle, small and medium lymphocytes (47.1±2.53 % and 31.7±1.84 %) occupy a significant share. In large numbers, they are located on the periphery of lymph nodes with pronounced light centers. Reticular cells are 14.6±1.37 %. Lymphoblasts and large lymphocytes, which are mainly localized in the light centers of the lymph nodes, occupy 3.8±0.87 %, and macrophages - 1.4±0.3 %. The proportion of destroyed cells is 1.0±0.26 %.*

*The main part of the cerebral substance is occupied by pulp cords. There is a tendency for small lymphocytes to increase, mainly due to a 3.1-fold decrease in the number of blasts and large lymphocytes, a 3-fold decrease in the number of macrophages, and a two-fold decrease in the number of destroyed cells. The number of average lymphocytes and reticular cells is almost unchanged compared to the same indicators in the lymph nodes and is 31.0±2.48 % and 13.8±1.5 %.*

*A similar distribution of cellular elements in the lymph nodes and lymph nodes was observed in sheep and horses. However, in sheep, in contrasts to cattle, there was a 1.4-fold increase in the number of blasts and large lymphocytes in the lymph nodes and 1.6-fold in the pulp. In horses, these figures have not changed. An increase in the cytopopulation of reticular cells was observed, especially in pulp cords from 13.8±1.5 % in cattle to 23.0±1.73 % in sheep and to 21.1±0.9 % in horses. The number of macrophages remained almost at the same level as in cattle. The percentage of destroyed cells in ruminants was almost the same, but in horses, this figure increased 1.8 fold in the lymph nodes and decreased 2.5 fold in the pulp, relative to such figures in cattle.*

***Key words:* mesenteric lymph nodes, histometry, ruminants, horses.**

## ЦИТО- ТА ГІСТОМЕТРІЯ МЕЗЕНТЕРІАЛЬНИХ ЛІМФАТИЧНИХ ВУЗЛІВ ЖУЙНИХ ТА КОНЕЙ

Л. П. Горальський<sup>1</sup>, О. Ф. Дунаєвська<sup>2</sup>, Н. Л. Колеснік<sup>1</sup>, І. М. Сокульський<sup>1</sup>, І. Ю. Горальська<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Житомирський національний агроекологічний університет  
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

<sup>2</sup>Житомирський базовий фармацевтичний фаховий коледж  
вул. Чуднівська, 99, м. Житомир, 10005, Україна

*З'ясовано особливості гістоархітекτονіки, цито- та гістометрію мезентеріальних лімфатичних вузлів у жуйних (великої рогатої худоби, овець) та коней.*

*Проведені дослідження свідчать, що гістоархітектоніка мезентеріальних лімфатичних вузлів у дослідних тварин подібна, але різниться певними морфометричними показниками.*

*Лімфатичні вузли вкриті сполучнотканинною капсулою. Її у великої рогатої худоби у 1,7 раза є більшою за товщину у овець та коней. Паренхіма лімфатичних вузлів сформована кірковою та мозковою речовинами, межа між якими на зрізі лімфатичних вузлів чітко виражена. Згідно з аналізом морфометричних досліджень, кіркова речовина більш розвинута у овець (55,14±16,7 %), мозкова – у коней (68,6±6,83 %). Водночас середня площа лімфатичних вузликів лімфатичних вузлів у овець (0,19±0,05 мм<sup>2</sup>) і коней (0,08±0,01 мм<sup>2</sup>) значно менша, ніж у великої рогатої худоби (0,46±0,07 мм<sup>2</sup>).*

*Цитоструктура лімфовузлів представлена різними клітинними елементами, найбільш вираженими серед яких є макрофаги, лімфобласти, лімфоцити, що відрізняються своєю будовою та інтенсивністю зафарбування. У лімфатичних вузликах мезентеріальних лімфовузлів великої рогатої худоби вагому частку займають малі і середні лімфоцити (47,1±2,53 % та 31,7±1,84 %). У великій кількості вони розміщуються периферією лімфатичних вузликів з вираженими світлими центрами. Ретикулярні клітини становлять 14,6 ±1,37 %. Лімфобласти і великі лімфоцити, які переважно локалізуються в світлих центрах лімфатичних вузликів, займають 3,8±0,87 %, а макрофаги – 1,4±0,3 %. Частка зруйнованих клітин становить 1,0±0,26 %.*

*Основну частину мозкової речовини займають м'якушеві тяжі. В них остерігається тенденція до збільшення малих лімфоцитів, в основному за рахунок зменшення в 3,1 раза кількості бластів і великих лімфоцитів, в 1,3 – макрофагів і в два рази зруйнованих клітин. Кількість середніх лімфоцитів і ретикулярних клітин майже не змінюється в порівнянні з такими ж показниками в лімфатичних вузликах і становить 31,0±2,48 % та 13,8±1,5 %.*

*Аналогічний розподіл клітинних елементів у лімфатичних вузликах та м'якушевих тяжях лімфатичних вузлів спостерігали і у овець та коней. Однак, у овець щодо великої рогатої худоби, встановили збільшення у 1,4 раза кількості бластів та великих лімфоцитів у лімфатичних вузликах та у 1,6 раза у м'якушевих тяжях. У коней ці показники практично не змінювалися. Спостерігали зростання цитопопуляції ретикулярних клітин, особливо у м'якушевих тяжях з 13,8±1,5 % у великої рогатої худоби до 23,0±1,73 % у овець та до 21,1±0,9 % у коней. Кількість макрофагів залишалася майже на тому ж рівні, що й у великої рогатої худоби. Процентна частка зруйнованих клітин у жуйних практично була однаковою, однак у коней цей показник більший в 1,8 раза в лімфатичних вузликах і менший в 2,5 раза в м'якушевих тяжях щодо таких показників у великої рогатої худоби.*

**Ключові слова:** мезентеріальні лімфатичні вузли, гістометрія, жуйні, коні.

### Вступ

Важливе значення у діагностиці захворювань відіграють дослідження лімфатичних вузлів (Litvinov et al., 2012; Mazanniy et al., 2013; Stegney et al., 2014), вагому частку серед яких займають гістологічні (Rudoy et al., 2013) та морфометричні (Gorbatenko & Shutchenko, 2011) методи. Лімфатичні вузли (ЛВ) належать до вторинних або

периферичних органів імунного захисту (Khaksary-Mahabady et al., 2018) та забезпечують бар'єрний захист організму від інфекційних та метастатичних агентів (Nikityuk et al., 2015; Astahova & Ushakov, 2016; Petrovet et al., 2017). Розробка методів оздоровлення та збереження тварин обов'язково включає обстеження стану лімфовузлів (Grinevich et al., 2014; Litvinetal., 2014).

### Матеріал і методи дослідження

Робота проводилася на кафедрі анатомії і гістології Поліського національного університету. Об'єктом дослідження були мезентеріальні лімфовузли великої рогатої худоби, овець та коней.

Для гістологічних досліджень шматочки матеріалу, відразу після забою тварин, фіксували у 10–12 %-ому охолодженому розчині нейтрального формаліну та рідині Карнуа, заливали у парафін за схемою (Goralskiy et al., 2019).

Парафінові зрізи, товщина яких не перевищувала 8 мкм, отримували на мікротомі МС-2. Морфологічні дослідження проводили після зафарбовування гістозрізів гематоксиліном й еозином (Panikar, Goralskiy et al., 2015; Goralskiy et al., 2019).

Морфометричні дослідження структурних елементів тканин проводили методом світлової мікроскопії. Вимірювання мікроструктур виконували за допомогою мікроскопів МБІ - 15/2, "Біолам-Ломо", окуляр-мікрометру МОВ - 1-15<sup>x</sup> згідно методики (Goralskiy et al., 2019).

Співвідношення кіркової та мозкової речовини лімфовузлів обраховували з використанням окулярної сітки. Клітини в мікроструктурах лімфовузлів підраховували на гістопрепаратах зафарбованих азур II-еозином. Статистична обробка цифрових даних проводилась за методом Монцевичюте – Ерингене. Значення критерію вірогідності визначали за Стьюдентом і рівнем значимості (P), (Goralskiy et al., 2019).

### Результати досліджень та обговорення

Мезентеріальні лімфатичні вузли удослідних тварин мають овально-видовжену форму. Лежать вони на одному рівні в єдиному сполучнотканинному каркасі. Лімфовузли мають розвинуту капсулу, товщина якої у великої рогатої худоби в 1,7 раза перевищує товщину щодо овець та коней. Від капсули всередину лімфовузлів відходять трабекули, ділянки яких виявляються в кірковій і мозковій речовинах.

Кіркова речовина ЛВ у ВРХ та коней добре розвинена, на гістологічних препаратах її площа дорівнює 42,2±5,2 % та 31,4±3,9 %, у овець вона в 1,3 та 1,8 раза більша (55,14±16,7 %).

Діагностичне значення гістологічного вивчення ЛВ належить лімфатичним вузликам, які чутливі до чужорідних агентів. Так, у овець,

хворих на лейкоз, відбувається зменшення розмірів лімфатичних вузликів (Grinevich et al., 2014). Будова лімфатичних вузликів подібна з лімфоїдними фолікулами селезінки, для кожного виду тварин та вікової категорії характерними є кількість та розміри (Perepechaeva, 2014; Dunaievska, 2019).

За результатами наших гістологічних досліджень округлі або овальні лімфатичні вузлики містяться у кірковій речовині ЛВ. Їх середні площі у овець (0,19±0,05 мм<sup>2</sup>) та коней (0,08±0,01 мм<sup>2</sup>) суттєво менші порівняно з великою рогатою худобою (0,46±0,07 мм<sup>2</sup>). Розміщені лімфатичні вузлики переважно в один ряд на периферії кіркової речовини. Але часто у ВРХ містяться вони у кілька рядів, у глибині кіркової речовини, але завжди поблизу трабекул. В окремих випадках лімфатичні вузлики щільно прилягають до капсули, здавлюючи простір підкапсулярних синусів.

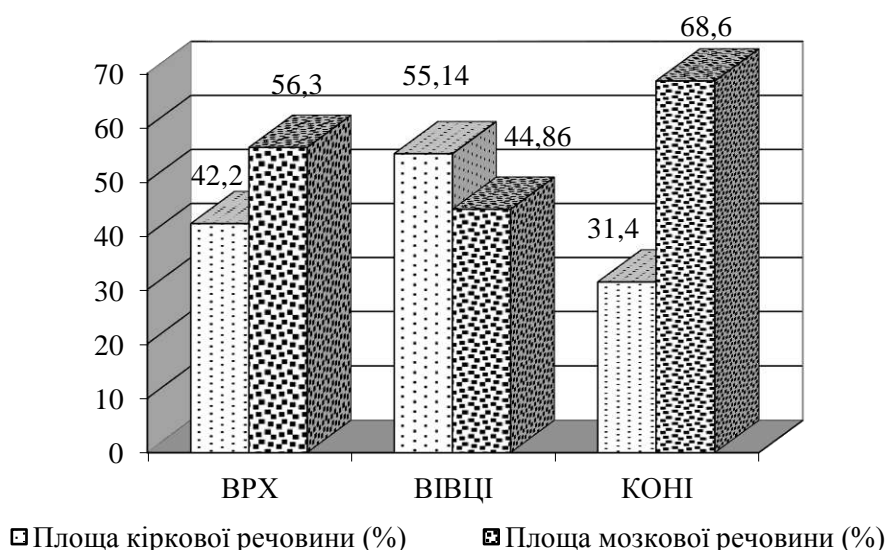
Реактивні центри лімфатичних вузликів дослідних тварин займають значну частину, вони відмічаються майже у кожному вузлику. Дослідженнями реактивних центрів вже встановлено, що у ранньому постнатальному періоді онтогенезу вони наявні далеко не у всіх вузликах, їх поява зростає з віком тварин та антигенним навантаженням на організм (Perepechaeva, 2014).

М'якушеві тяжі мезентеріальних лімфовузлів неширокі, але центральні синуси великого діаметру і, як правило, мають безпосереднє прилягання до трабекул. Наші результати дослідження не суперечать дослідженням інших науковців (Perepechaeva, 2014), яка виявляла м'якушеві тяжі характеризує як мобільний компартмент.

Артеріальні муфти лімфовузлів в основному складаються із лімфоцитів. За напрямком вен, периваскулярна тканина представлена прошарками пухкої сполучної тканини, яка містить велику кількість плазмоцитів і гістіоцитів.

Артеріоли і венули в мозковій речовині досить численні, а судинна зона мозкової речовини являє своєрідну ділянку, яка прилягає до воріт лімфовузлів.

Цитологічний склад ЛВ різний: бластні форми, лімфоцити, ретикулярні клітини та макрофаги, які диференціюються за особливостями морфологічної будови та інтенсивністю забарвлення, що було описано й іншими авторами (Gorbatenko & Shutchenko, 2011).



**Рис. 1. Морфометричні показники гістоструктур лімфатичних вузлів у сільськогосподарських тварин**

Значно більші розміри мають лімфобласти, в яких слабо розвинена цитоплазма; великої округлої або овальної форми ядро містить 1–2 великих нуклеоли і ніжну сітку хроматину. Лімфобласти при певних умовах мають властивість міняти свою форму. Водночас міняється форма ядра, збільшуються розміри цитоплазми, клітина нагадує моноцит, але з бластною структурою ядра. Великі лімфоцити є перехідними формами лімфобластів до середніх і малих лімфоцитів. Малі лімфоцити мають округле, інтенсивно забарвлене ядро і вузьку, у вигляді обідка, цитоплазму. Макрофагам властиві різноманітні форми з бобовидним ядром. Ретикулярні клітини часто видовженої форми, з більш пухкою структурою ядерного хроматину, ніж у лімфоцитів.

Згідно з проведеним нами цитометричним аналізом, найбільша клітинна популяція лімфатичних вузликів і м'якушевих тяжів ЛВ – це малі лімфоцити. Найбільше, серед дослідних тварин, виявлено у лімфатичних вузликах ЛВ ВРХ ( $47,1 \pm 2,53$  %), найменше – у коней ( $42,5 \pm 2,5$  %). Вагому частку мають середні лімфоцити: у ВРХ –  $31,7 \pm 1,8$  %, овець –  $29,1 \pm 2,3$  %, коней –  $30,4 \pm 2,23$  % та ретикулярні клітини –  $14,6 \pm 1,37$  %,  $16,7 \pm 2,2$  % та  $18,9 \pm 1,8$  %, відповідно (рис. 2).

У великій кількості малі та середні лімфоцити

розміщуються на периферії лімфатичних вузликів з вираженими світлими центрами. Відносна частка макрофагів, бластів, великих лімфоцитів незначна, рідко перевищує 5 % (див. рис. 2).

Основну частину мозкової речовини займають м'якушеві тяжі. За результатами цитометрії у м'якушевих тяжях лімфатичних вузлів ВРХ спостерігається тенденція до збільшення малих лімфоцитів, в основному за рахунок зменшення в 3,1 раза кількості бластів і великих лімфоцитів, в 1,3 – макрофагів і в два рази зруйнованих клітин (рис. 3). Кількість середніх лімфоцитів і ретикулярних клітин тяжів суттєво не відрізняється від кількості в лімфатичних вузликах (рис. 3). Аналогічний розподіл клітин у м'якушевих тяжях ЛВ спостерігали і у овець та коней. Однак, у овець, у порівнянні з ВРХ, встановили збільшення у 1,6 раза кількості бластів та великих лімфоцитів. У коней ці показники практично не змінювалися. Спостерігали зростання цитопопуляції ретикулярних клітин з  $13,8 \pm 1,5$  % у ВРХ до  $23,0 \pm 1,73$  % у овець та до  $21,1 \pm 0,9$  % у коней (рис. 3). Кількість макрофагів залишалася майже на тому ж рівні, що й у ВРХ (рис. 3). Процентна частка зруйнованих клітин у жуйних практично була однаковою, однак у коней цей показник зменшився в 2,5 раза, щодо таких показників у ВРХ (див. рис. 3).

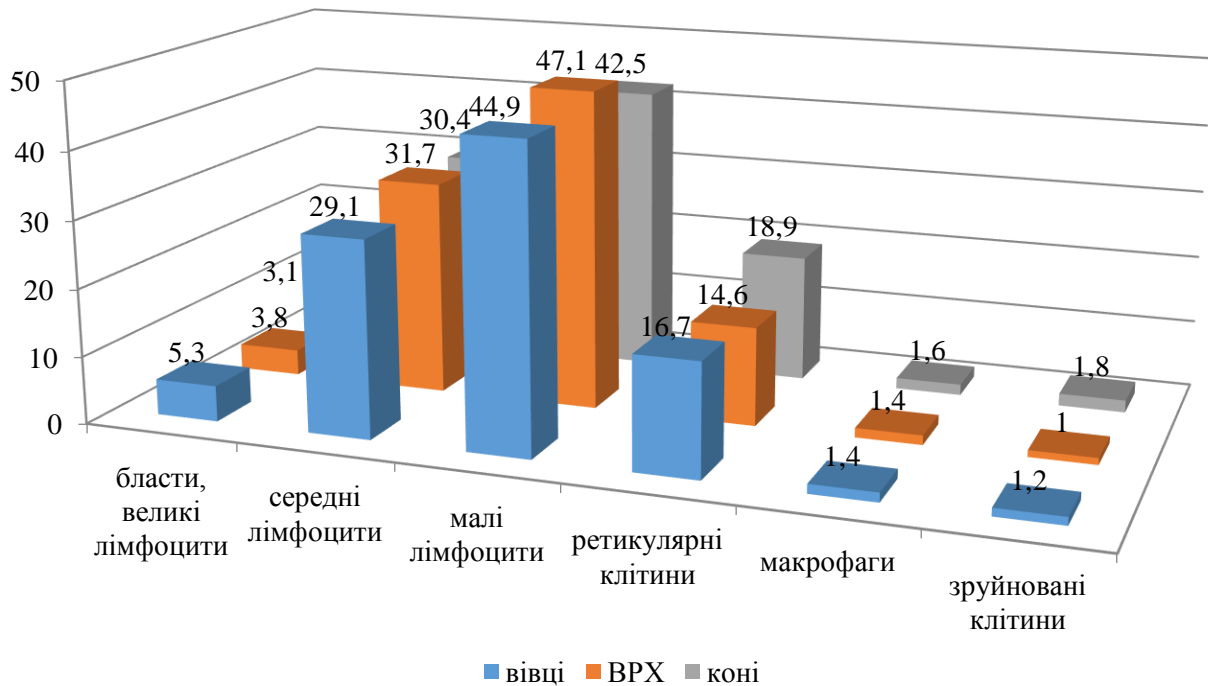


Рис. 2. Вміст клітинних елементів в лімфатичних вузликах лімфовузлів у сільськогосподарських тварин (%)

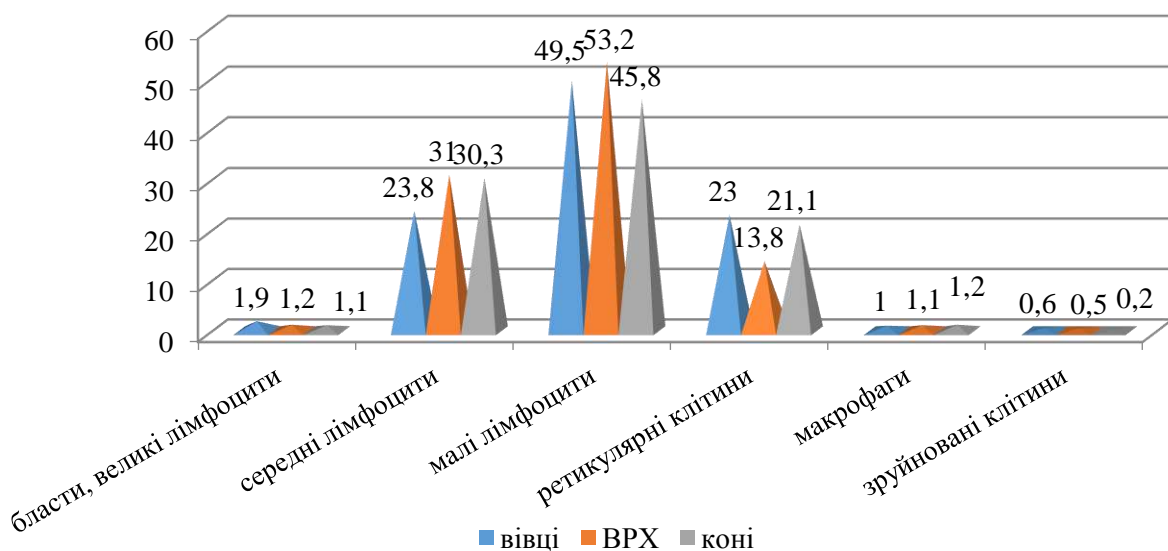


Рис. 3. Вміст клітинних елементів в м'якушевих тяжах лімфовузлів у сільськогосподарських тварин (%)

### Висновки

1. Мікроскопічна будова мезентеріальних лімфовузлів у жуйних та коней, має подібну гістоархітектоніку, але різняться гісто- та цитометричними показниками:

– кіркова речовина лімфатичних вузлів

найбільше розвинена у овець ( $55,14 \pm 16,7\%$ ), у великої рогатої худоби та коней її відносна площа дорівнює  $42,2 \pm 5,2$  та  $31,4 \pm 3,9\%$ , відповідно;

– відносна площа мозкової речовини, навпаки, найбільша у коней –  $68,6 \pm 6,83\%$ , у овець менша в 1,5 раза ( $44,86 \pm 20,1\%$ ).

2. Цитопопуляція лімфовузлів різноманітна:

лімфоцити (малі, середні, великі), ретикулярні клітини, бластні форми, і макрофаги. Найбільше було виявлено малих лімфоцитів (від  $42,5 \pm 2,5$  % до  $47,1 \pm 2,53$  %).

### References

Astakhova, I. F. & Ushakov, S. A. (2016). Model i algoritm iskusstvennoy immunnyy sistemy [Model and algorithm of an artificial immune system]. *Matematicheskoye modelirovaniye*, 12 (28), 63–73. [in Russian].

Dunaievskaya, O. F. (2019). Anatomichna kharakterystyka selezynky *Bos taurus taurus* L. [Anatomical characteristics of the spleen *Bos taurus taurus* L.]. *Visnyk problem biologii i medytsyny*, 1 (1), 265–268. doi: 10.29254/2077-4214-2019-1-1-148-265-268 [in Ukrainian].

Horalskyi, L. P., Khomych, V. T. & Kononskyi, O. I. (2019). Osnovy histolohichnoi tekhniky i morfofunktsionalni metody doslidzhen u normi ta pry patolohii [Fundamentals of histological technique and morphofunctional research methods in normal and pathology]. *Zhytomyr : Polissia* [in Ukrainian].

Horbatenko, V. P. & Shutchenko, P. O. (2011). Otsinka immunosupresyvnogo stanu pry klinichnomu limfo leikozi za morfo metrychnymy zminamy limfatychnykh vuzliv [Evaluation of the immunosuppressive state in clinical lymphocytic leukemia by morphometric changes of lymph nodes]. *Veterynarna medytsyna*, 95, 286–288 [in Ukrainian].

Hrynevych, O. Y., Krasnikov, H. A., Horbatenko, S. K., Shutchenko, P. O., Medvid, K. O., Shapovalova, O. V. ... Kornieikova, O. M. (2014). Doslidzhennia vplyvu preparatu ZG-2011 na imunnu systemu ovets za morfolohichnymy pokaznykamy orhaniv imunnoho zakhystu [Study of the effect of the drug ZG-2011 on the immune system of sheep on the morphological parameters of the immune system]. *Veterynarna medytsyna*, 99, 193–196 [in Ukrainian].

Khaksary-Mahabady, M., Khazaeel, K., Borujeni, M. P. & Yazdanjoo, B. (2018). Morphometric development of sheep (*Ovis aries*) lymph nodes in fetal period. *Vet Res Forum*, 9 (2), 121–128. doi: 10.30466/VRF.2018.30833.

Litvinov, V. F., Krasochko, T. A. & Karasyov, N. F. (2012). Parazitologicheskyy monitoring dikikh mlekopitayushchikh v Belarusi. [Parasitological monitoring of wild mammals in Belarus]. *Sovremennyye problemy prirodopolzovaniya. okhotovedeniya i zverovodstva*, 1, 358–359. [in Russian].

Lytvyn, V. L., Vlasenko, V. V. & Berezovskyi, I. V.

(2014). Shliakhy ozdorovlennia i zberezhennia tvarynnystva v Ukraini [Ways to improve and preserve livestock in Ukraine]. *Veterynarna medytsyna Ukrainy*, 5 (219), 8–12 [in Ukrainian].

Mazannyi, O. V., Prykhodko, Yu. O. & Byrka, V. I. (2013). Babezioz ovets u stepovii zoni Skhodu Ukrainy [Babesiosis of sheep in the steppe zone of Eastern Ukraine]. *Naukovi pratsi Pivdennoho filialu Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy "Krymskyi ahrotekhnolohichnyi universytet"*. Ser. *Veterynarni nauky*, 155, 157–162 [in Ukrainian].

Nikityuk, D. B., Klochkova, S. V. Alekseyeva, N. T. (2015). Sovremennyye predstavleniya ob obshchikh zakonomernostyakh makro-mikroskopicheskoy anatomii limfoidnykh organov [Modern ideas about the general laws of macroscopic anatomy of lymphoid organs]. *Zhurnal anatomii i gistopatologii*, 4 (2), 9–13 [in Russian].

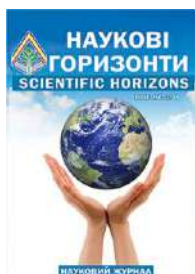
Panikar, I. I., Horalskyi, L. P., Dunaievskaya, O. F., Horalska, I. Yu., Sokulskyi, I. M., Pinskyi, O. V. & Prasolov, Ye. Ya. (2015). Patent Ukrainy 100223 [Patent of Ukraine 100223]. Kyiv : Derzhavne patentne vidomstvo Ukrainy [in Ukrainian].

Perepechaieva, N. H. (2014). Zakonomirnosti strukturno-funktsionalnoi spetsializatsii limfatychnykh vuzliv u velykoi rohatoi khudoby v rannomu postnatalnomu ontogenezi [Regularities of structural and functional specialization of lymph nodes in cattle in early postnatal ontogenesis]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten NDTs biobezpeky ta ekolohichnoho kontroliu resursiv APK*, 2 (3), 17–25 [in Ukrainian].

Petrov, R. V., Khaitov, R. M. & Chereshev, V. A. (2017). Fiziologiya immunnyy sistemy: kletochnyye i molekulyarno-biologicheskyye mekhanizmy [Physiology of the immune system: cellular and molecular biological mechanisms]. *Vestnik Rossiyskogo fonda fundamentalnykh issledovaniy*, 1, 96–119. doi: 10.22204/2410-4639-2017-094-02S-96-119. [in Russian].

Rudoi, O. V., Ryzhenko, V. P. & Papchenko, I. V. (2013). Histolohichnyi metod dyferentsiinoi diahnozyky aktynobatsylozu velykoi rohatoi khudoby [Histological method of differential diagnosis of bovine actinobacillus]. *Veterynarna biotekhnolohiia*, 23, 456–463 [in Ukrainian].

Stehnei, B. T., Obukhovska, O. V. & Hliebova, K. V. (2014). Diahnostka i profilaktyka infektsiinoi ahalaktii ovets i kiz [Diagnosis and prevention of infectious agalactia in sheep and goats]. *Veterynarna medytsyna Ukrainy*, 2 (216), 20–23 [in Ukrainian].



UDC 635.655:631.543

**INFLUENCE OF SOWING TIMES AND SOWING RATES ON BIOMETRIC INDICATORS  
OF SOYBEAN VARIETIES WITH DIFFERENT VEGETATION PERIOD**

**V. Moldovan, Zh. Moldovan, S. Sobchuk**

*Article info*

*Received*

29.04.2020

*Accepted*

24.06.2020

Khmelnitsky  
State Agricultural  
Experimental  
Station  
Institute of Feed  
Research and  
Agriculture of  
Podillya NAAS  
Samchyky village,  
Starokostyantyniv  
district,  
Khmelnitsky  
region,  
31182, Ukraine

*E-mail:*

[moldovan.zh@](mailto:moldovan.zh@)

[ukr.net](mailto:moldovan.zh@)

**Moldovan, V., Moldovan, Zh., Sobchuk, S. (2020). Influence of sowing times and sowing rates on biometric indicators of soybean varieties with different vegetation period. *Scientific Horizons*, 07 (92), 32–39. doi: 10.33249/2663-2144-2020-91-6-32-39.**

*The proposal to agricultural producers of new soybean varieties necessitates their adaptation to certain soil and climatic conditions of cultivation and improvement of certain technological elements (sowing dates, seeding rates, etc.), which will ensure their high productivity and maximum realization of genetic potential.*

*According to the results of our research, it was found that in all varieties the increase in sowing rate to 900 thousand similar seeds caused an increase in the height of attachment of the lower bean, on average, by 1,0–6,8 cm, while its decrease to 500 thousand similar seeds led to a decrease in this indicator by 0,9–5,7 cm for all sowing dates.*

*During the whole research period, soybean varieties, depending on sowing dates and sowing rates, formed different numbers of beans: Diadema of Podillya – 23–33 un., KiVin – 26–44 un., Knyazhna – 21–29 un., Khutoryanochka – 23–32 un., Triada – 28–38 un. However, in soybean varieties Diadema Podillya and Khutoryanochka there was no significant difference in the number of beans at different sowing dates, while in varieties KiVin and Triada the largest number of beans was formed in the early, the smallest – in the late sowing period. In the Knyazhna variety, the largest number of beans was formed during the early sowing period, while during the optimal and late sowing period, the deviations were insignificant.*

*The increase in the sowing rate to 900 thousand similar seeds caused a decrease in the number of beans in the variety Knyazhna – by 3–4 un., in the varieties Diadema Podillya and Khutoryanochka, respectively, by 5–9 un. and 6–9 un., in the Triada variety – by 8–10 un., while in the KiVin variety – by 13–14 un. compared with the sowing rate of 500 thousand similar seeds.*

*The shift of sowing dates to earlier caused an increase in the weight of 1000 seeds depending on the sowing rate in varieties KiVin – by 4,4–6,5 % and Triada – by 0,9–9,7 % and its decrease in varieties Diadema Podillya, Knyazhna and Khutoryanochka by 0,8–1,5 %, 2,0–4,7 % and 2,0–3,4 %, respectively. Sowing at a later date reduced the weight of 1000 seeds in varieties Diadema Podillya – by 0,8–6,6 % and Triada – by 3,4–7,2 %, while in varieties KiVin and Khutoryanochka deviation of this indicator was insignificant compared to the optimal sowing date. All studied soybean varieties with an increase in sowing rate from 500 to 900 thousand similar seeds reduced the weight of 1000 seeds, on average, by 0,5–13,9 % for all sowing dates.*

**Key words:** *plant height, number of beans, number of seeds, weight of 1000 seeds, individual productivity.*

## ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ ТА НОРМ ВИСІВУ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ СОРТІВ СОЇ З РІЗНИМ ВЕГЕТАЦІЙНИМ ПЕРІОДОМ

**В. Г. Молдован, Ж. А. Молдован, С. І. Собчук**

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН  
с. Самчики, Старокостянтинівський р-н, Хмельницька обл., 31182, Україна

*Пропозиція агровиробникам нових сортів сої обумовлює необхідність їх адаптації до певних ґрунтово-кліматичних умов вирощування та удосконалення окремих технологічних елементів (строків сівби, норм висіву тощо), що забезпечить високу їх продуктивність та максимальну реалізацію генетичного потенціалу.*

*За результатами проведених нами досліджень встановлено, що в усіх сортів збільшення норми висіву до 900 тис. схожих насінин зумовлювало зростання висоти прикріплення нижнього бобика, у середньому, на 1,0–6,8 см, тоді як її зменшення до 500 тис. схожих насінин призводило до зменшення цього показника на 0,9–5,7 см за усіх строків сівби.*

*Впродовж усього періоду досліджень сорти сої, залежно від строків сівби та норми висіву, формували різну кількість бобиків: Діадема Поділля – 23–33 шт., КиВін – 26–44 шт., Княжна – 21–29 шт., Хutorяночка – 23–32 шт., Тріада – 28–38 шт. Однак, у сортів сої Діадема Поділля та Хutorяночка не спостерігалось істотної різниці за кількістю бобиків за різних строків сівби, тоді як у сортів КиВін та Тріада найбільша кількість бобиків формувалася за раннього, найменша – за пізнього строків сівби. У сорту Княжна найбільша кількість бобиків формувалася за раннього строку сівби, тоді як за оптимального та пізнього – відхилення були незначними.*

*Збільшення норми висіву до 900 тис. схожих насінин зумовлювало зменшення кількості бобиків у сорту Княжна – на 3–4 шт., у сортів Діадема Поділля та Хutorяночка, відповідно, на 5–9 шт. та 6–9 шт., у сорту Тріада – на 8–10 шт., тоді як у сорту КиВін – на 13–14 шт. порівняно з нормою висіву 500 тис. схожих насінин.*

*Зміщення строків сівби у більш ранні зумовлювало зростання маси 1000 насінин залежно від норми висіву у сортів КиВін – на 4,4–6,5 % та Тріада – на 0,9–9,7 % та її зменшення у сортів Діадема Поділля, Княжна та Хutorяночка на 0,8–1,5 %, 2,0–4,7 % та 2,0–3,4 %, відповідно.*

*Сівба у пізні строки зменшувала масу 1000 насінин у сортів Діадема Поділля – на 0,8–6,6 % та Тріада – на 3,4–7,2 %, тоді як у сортів КиВін та Хutorяночка відхилення цього показника було незначним порівняно з оптимальним строком сівби. Усі досліджувані сорти сої за збільшення норми висіву з 500 до 900 тис. схожих насінин зменшували масу 1000 насінин, у середньому, на 0,5–13,9 % за усіх строків сівби.*

**Ключові слова:** висота рослин, кількість бобиків, кількість насінин, маса 1000 насінин, індивідуальна продуктивність.

### Вступ

Соя (*Glycine max* (L.)), з її різноманітним використанням, є важливою культурою на глобальному рівні. Нині вона стала стратегічною культурою і для України. Бурхливий розвиток соєсіяння зумовлений значним попитом на вищезазначену культуру та вимагає удосконалення елементів технології вирощування, що сприяє підвищенню її продуктивності. Саме тому сучасна технологія вирощування сої повинна ґрунтуватися на високій культурі землеробства, високоврожайних сортах нового покоління, застосуванні нової техніки, науково обґрунтованих норм добрив, ефективних препаратів бульбочкових бактерій,

гербіцидів, оптимальних строків сівби, способів сівби та густоти рослин, збиранні без втрат, збереженні всього врожаю (Babich & Babich-Poberezhna, 2011; Gurigbal Singh, 2014).

Зокрема, правильний вибір сорту сої є одним із найбільш доступних виробництву агрозаходів, що забезпечує пластичність культури до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування та гарантує одержання високих і стабільних урожаїв. У багатьох зарубіжних країнах в основу добору сортів сої та розміщення їх в різних ґрунтово-кліматичних умовах покладено тривалість світлового дня. В Україні ж, де лімітуючим фактором вирощування є тепло, а в деяких регіонах і волога, сорти сої добираються

за тривалістю їх вегетаційного періоду (Ivanyuk, 2012; Kolisnyk, 2012).

Особливе значення має строк сівби насіння сої, адже це фактор виробництва, який не потребує додаткових затрат і, разом з тим, може істотно впливати на продуктивність культури. Оскільки соя, порівняно з іншими сільськогосподарськими рослинами, має підвищені вимоги до тепла під час з'явлення сходів, то строки сівби є одним із найважливіших заходів збільшення її врожаю, адже вони мають значний вплив на густоту стояння рослин та їх виживаність (Furman, 2017). Разом з тим, встановлено, що за ранніх строків сівби тривалість міжфазних періодів збільшується, тоді як за пізніх строків – скорочується. Загальна ж тривалість вегетаційного періоду та окремих міжфазних періодів визначається генетичними особливостями сортів сої різних груп стиглості (Polishchuk et al., 2019).

Єдиного підходу до встановлення оптимального строку сівби наразі немає та все ж більшість науковців погоджуються з тим, що строк сівби визначається на основі таких факторів, як погодні параметри (наприклад, мінімальні та максимальні температури, фотоперіод, відносна вологість, опади) впродовж вегетаційного періоду культури, група стиглості, тип ґрунту, вологозабезпеченість під час сівби та ін., адже все це має значний вплив на формування показників індивідуальної продуктивності, урожайності (Shevnikov & Lohvynenko, 2013; Tsekhmeystruk et al., 2018) та якості насіння (Tsekhmeystruk et al., 2016).

Соя є світлолюбною культурою, тому формування високого врожаю забезпечується завдяки оптимальній площі живлення та густоті стояння рослин, достатній забезпеченості рослин вологою і необхідними поживними речовинами, а також освітленню листової поверхні (Ivanyuk, 2012; Furman, 2018). Зміна густоти рослин сої впливає на інтенсивність використання основних факторів, необхідних для росту і розвитку рослин, а їх взаємодія визначає величину врожаю та його структуру (Shevnikov & Lohvynenko, 2013).

Дослідженнями, проведеними у різних ґрунтово-кліматичних зонах, встановлено, що для пізньостиглих високорослих сортів сої з розкидною формою рослин, які добре гілкуються і формують багато листків, потрібна більша площа живлення, ніж для скоростиглих і низькорослих сортів, що менше гілкуються.

Таким чином, оптимальна густота стояння рослин для кожного сорту сої є необхідною умовою для отримання високих врожаїв насіння. Якщо густота посіву нижча оптимального рівня, ніякі способи не допоможуть отримати високий урожай насіння (Kolisnyk, 2012; Shepilova & Petrenko, 2017; Shevnikov et al., 2018).

Метою проведення наших досліджень було вивчити вплив різних строків сівби, норм висіву на ріст і розвиток рослин, формування показників індивідуальної продуктивності сортами сої вітчизняної селекції з різним вегетаційним періодом.

### Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводилися на Хмельницькій ДСГДС ІКСГП НААН впродовж 2016–2019 рр. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений середньосуглинковий, слабозмитий, малогумусний на лесоподібному суглинку бурувато-палевого забарвлення, має дрібно-горіхову структуру. У вологому стані – в'язкий. Орний горизонт 0–28 см, верхній перехідний – 36–81 см, нижній перехідний – 81–114 см, перехідний до породи – 114–138 см, з 138 см – порода (лесоподібний суглинок).

Ґрунт дослідних ділянок характеризується наступними показниками: достатньо насичений основами – 39,8–42,0 мг-екв. на 100 г, гідролітична кислотність – 1,8–2,7 мг-екв. на 100 г ґрунту, уміст гумусу (за Тюрнімом) – 3,2 %, рухомими формами поживних речовин середньозабезпечений, а саме, уміст легкогідролізованого азоту – 14,4–16,6; фосфору – 11,0–12,0, калію – 7,8–8,0 мг на 100 г ґрунту.

Дослід передбачав вивчення п'яти сортів сої з різним вегетаційним періодом – Діадема Поділля, КиВін, Княжна, Хуторяночка та Тріада; трьох строків сівби – III декада квітня, I та II декади травня, п'яти норм висіву – 500, 600, 700, 800 та 900 тис. схожих насінин на 1 га. Повторність досліду – триразова, площа посівної ділянки – 32 м<sup>2</sup>, облікової – 20 м<sup>2</sup>.

Спостереження за станом рослин, відбір рослинних зразків та облік врожаю насіння проводили згідно з зональними методичними рекомендаціями, ДСТУ та загальноприйнятими методиками проведення досліджень у рослинництві. Основним методом досліджень був польовий дослід – для вивчення дії та взаємодії організованих факторів, підрахунково-ваговий – для встановлення параметрів показників

структури врожаю та визначення врожайності насіння, методи математичної статистики – для визначення вірогідності результатів досліджень.

### Результати досліджень та обговорення

Погодні умови вегетаційного періоду в роки проведення досліджень характеризувалися достатньо високими середньодобовими

температурами, великою кількістю опадів з нерівномірним їх розподілом та значним дефіцитом у окремі фази розвитку сої, що мало істотний вплив на тривалість періоду «сівба – сходи», ріст і розвиток рослин, формування показників їх індивідуальної продуктивності та урожайності насіння загалом (табл. 1).

Таблиця 1. Гідротермічні умови в роки проведення досліджень

Рік	Місяць						За вегетаційний період
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
Середньодобова температура повітря, °С							
2016 р.	12,4	15,5	20,9	21,8	20,9	16,1	17,9
2017 р.	10,2	15,9	20,6	21,0	22,0	15,2	17,5
2018 р.	14,9	19,5	20,7	21,9	22,8	15,9	19,3
2019 р.	11,6	16,8	25,0	22,5	22,6	16,7	19,2
Середнє за 1960–2019 рр.	8,5	13,6	18,3	19,2	18,5	13,3	15,2
Середнє за 2016–2019 рр.	12,3	16,9	21,8	21,8	22,1	16,0	18,5
Сумарна кількість опадів, мм							
2016 р.	51,4	78,0	283,3	92,3	15,4	8,8	529,2
2017 р.	35,3	48,6	120,8	89,4	106,0	203,8	603,9
2018 р.	21,3	49,9	190,7	146,9	28,6	76,9	514,3
2019 р.	73,5	302,4	94,1	127,9	54,8	54,9	707,6
Середнє за 1960–2019 рр.	46,2	68,1	106,0	128,4	90,6	62,2	501,5
Середнє за 2016–2019 рр.	45,4	119,7	172,2	114,1	51,2	86,1	588,7
Гідротермічний коефіцієнт							
2016 р.	1,38	1,62	4,52	1,37	0,24	0,33	1,58
2017 р.	1,15	0,99	1,95	1,37	1,55	4,47	1,91
2018 р.	0,48	0,83	3,07	2,17	0,40	1,72	1,45
2019 р.	2,10	5,74	1,25	1,82	0,78	1,08	2,12
Середнє за 1960–2019 рр.	1,81	1,61	1,62	2,16	1,63	1,51	1,72
Середнє за 2016–2019 рр.	1,28	2,29	2,70	1,68	0,74	1,90	1,76

Проведені нами дослідження свідчать, що разом із умовами зволоження та температурним режимом впродовж вегетаційного періоду на показники висоти рослин сої та прикріплення нижнього бобика, елементи структури врожаю істотний вплив мали досліджувані чинники: сорт, строки сівби та норми висіву.

Зокрема, висота рослин сої на час збирання, у середньому за роки досліджень, становила: у сортів Діадема Поділля – 66,2–81,7 см; КиВін – 76,0–92,8 см; Княжна – 83,1–106,4 см;

Хуторяночка – 69,1–85,5 см та Тріада – 79,6–93,8 см залежно від строку сівби та норми висіву (табл. 2). Нами відмічено певну залежність показників висоти рослин досліджуваних сортів сої від строків сівби та норм висіву. Так, у сортів сої Діадема Поділля та Хуторяночка висота рослин збільшувалася за зміщення строків сівби у більш ранні, відповідно, на 4,6–4,8 см, або 6,1–6,4 %, та 6,4–7,5 см, або 7,7–9,0 %, або пізні на 5,3–9,3 см, або 6,7–11,7 %, та 3,7–4,6 см, або 4,7–5,8 %. У сортів КиВін та Княжна зміщення строків сівби у більш ранні призводило до зменшення висоти

рослин, порівняно з оптимальним, на 2,5–4,7 см, або 3,0–4,9 %, та 6,2–10,3 см, або 7,0–11,6 %, відповідно. За сівби у пізні строки висота рослин цих сортів, навпаки, збільшувалася на 0,6–1,0 см, або 0,7–1,1 %, та 4,3–5,7 см, або 4,2–5,6 %. У

сорті Тріада за сівби у ранні строки висота рослин сої збільшувалася, порівняно з оптимальним, на 1,4–4,2 см, або 1,6–4,5 %, тоді як за сівби у пізні строки – зменшувалася на 0,6–3,2 см, або 0,7–3,7 %.

Таблиця 2. Висота рослин сої та прикріплення нижнього бобу залежно від строків сівби та норм висіву (середнє за 2016–2019 р.), см

Сорт сої	Норма висіву, тис. схожих насінин на 1 га	Строки сівби сої					
		ранній		оптимальний		пізній	
		висота рослин	висота кріплення нижнього боба	висота рослин	висота кріплення нижнього боба	висота рослин	висота кріплення нижнього боба
Діадема Поділля	500	70,8	10,2	66,2	10,2	71,5	9,0
	700	74,8	12,3	70,2	11,8	79,1	9,9
	900	77,2	13,8	72,4	14,0	81,7	10,9
КиВін	500	76,0	11,8	80,1	11,9	80,7	11,9
	700	83,9	13,3	86,0	13,5	88,8	13,8
	900	89,3	15,8	91,8	14,5	92,8	20,6
Княжна	500	83,1	14,2	89,3	15,0	93,6	20,3
	700	88,6	18,4	91,4	19,9	101,5	23,6
	900	90,4	21,7	100,7	21,5	106,4	25,3
Хуторяночка	500	76,6	13,2	69,1	13,3	73,7	13,9
	700	83,1	15,1	74,0	14,7	78,6	17,0
	900	85,5	16,9	79,1	16,8	82,8	19,7
Тріада	500	84,5	14,0	80,3	15,0	79,6	15,1
	700	86,5	19,7	88,4	16,9	86,5	17,6
	900	93,8	21,7	92,4	18,9	89,2	20,3

Водночас, нами встановлено, що за усіх досліджуваних строків сівби збільшення норми висіву зумовлювало зростання висоти рослин сої усіх сортів, що вивчалися. Зокрема, у сорту Діадема Поділля висота рослин за норми висіву 900 тис. схожих насінин зростала на 2,2–2,6 см, або 3,1–3,3 % порівняно з нормою висіву 700 тис. схожих насінин, тоді як за зменшення норми висіву до 500 тис. схожих насінин на 1 га зменшувалася на 4,0–7,6 см, або 5,6–9,6 %. У решти досліджуваних сортів ці показники становили, відповідно: КиВін – 4,0–5,8 см, або 4,5–6,7 %, та 5,9–8,1 см, або 6,9–9,4 %; Княжна – 1,8–9,3 см, або 2,0–10,2 %, та 2,1–7,9 см, або 2,3–7,8 %; Хуторяночка – 2,4–5,1 см, або 2,9–6,9 %, та 4,9–6,5 см, або 6,2–7,8 %; Тріада – 2,7–7,4 см, або 3,1–8,5 % та 2,0–8,1 см, або 2,3–9,2 %.

Висота прикріплення нижнього бобика також залежала від досліджуваних чинників. Так, у сорту Діадема Поділля за раннього та оптимального строків сівби висота прикріплення нижнього бобика була майже однаковою – 10,2–13,8 см та 10,2–14,0 см, відповідно, тоді як за

зміщення у пізні строки цей показник зменшувався до 9,0–10,9 см. У сорту КиВін за раннього та оптимального строків сівби висота прикріплення нижнього бобика становила, відповідно, 11,8–15,8 см та 11,9–14,5 см, тоді як за пізнього – зростала до 11,9–20,6 см. У сорту Княжна цей показник становив 14,2–21,7 см та 15,0–21,5 см, тоді як за пізнього строку сівби зростав до 20,3–25,3 см. У сорту Хуторяночка найбільша висота прикріплення нижнього бобу (13,9–19,7 см) відмічена також за пізнього строку сівби, тоді як за раннього та оптимального зменшувалася до 13,2–16,9 см та 13,3–16,8 см, відповідно. Показники висоти прикріплення нижнього бобика у сорту Тріада за раннього строку сівби становили 14,0–21,7 см, за сівби в оптимальні строки – зменшувалися до 15,0–18,9 см, за пізнього – зростали до 15,1–20,3 см.

Варто зазначити, що в усіх досліджуваних сортів збільшення норми висіву до 900 тис. схожих насінин на 1 га зумовлювало підвищення висоти прикріплення нижнього бобика, у середньому за роки досліджень, у сортів Діадема

Поділля та Хуторяночка на 1,0–2,2 см та 1,8–2,7 см, відповідно, у сортів Княжна та Тріада – на 1,6–3,3 см та 2,0–2,7 см, відповідно, тоді як у сорту КиВін – на 1,0–6,8 см. І, навпаки, зменшення норми висіву до 500 тис. схожих насінин призводило до зменшення висоти прикріплення нижнього бобика у сорту Діадема Поділля та КиВін на 0,9–2,1 см та 1,5–1,9 см, відповідно, тоді як у сортів Хуторяночка – на 1,4–3,1 см, Княжна – на 3,3–4,9 см та Тріада на 1,9–5,7 см порівняно з нормою висіву 700 тис. схожих насінин на 1 га.

Рівень урожайності насіння сої прямо пропорційно залежить від індивідуальної продуктивності рослин, зокрема кількості насінин у бобиках, кількості бобиків на рослині, маси 1000 насінин тощо. У результаті проведеного структурного аналізу рослин сої досліджуваних сортів встановлено, що на показники індивідуальної продуктивності рослин впливають фактори: особливості сорту, строки сівби і норми висіву насіння, температурний режим і умови зволоження під час формування бобиків та наливу зерна.

Досліджено, що у середньому за роки проведення досліджень серед сортів сої з різним вегетаційним періодом найменшу кількість бобиків формували рослини сорту Княжна – 21–29 шт., найбільшу – КиВін – 26–44 шт. та Тріада – 28–38 шт. Рослини сортів сої Діадема Поділля та Хуторяночка формували практично однакову кількість бобиків: 23–33 шт. та 23–32 шт., відповідно (табл. 3).

Варто зазначити, що у сортів сої Діадема Поділля та Хуторяночка не спостерігалось істотної різниці за кількістю бобиків за різних строків сівби, тоді як у сортів КиВін та Тріада найбільша кількість бобиків формувалася за раннього строку сівби, найменша – за пізнього строку сівби. У сорту Княжна найбільша кількість бобиків формувалася за раннього строку сівби, тоді як за оптимального та пізнього – відхилення були незначними.

Водночас, усі досліджувані сорти за збільшення норми висіву зменшували кількість бобиків на 1 рослині. Зокрема, збільшення норми висіву до 900 тис. схожих насінин на 1 га зумовило, у середньому, зменшення кількості бобиків у сорту Княжна – на 3–4 шт., у сортів Діадема Поділля та Хуторяночка, відповідно, на 5–9 шт. та 6–9 шт., шт., у сорту Тріада – на 8–10 шт., тоді як у сорту КиВін – на 13–14 шт. порівняно з нормою висіву 500 тис. схожих насінин на 1 га.

Маса 1000 насінин є ще одним показником,

що характеризує індивідуальну продуктивність рослин сої та має значний вплив на формування урожайності. У середньому за роки досліджень маса 1000 насінин у досліджуваних сортів сої становила: у сортів Тріада та Діадема Поділля 143,1–170,1 г та 155,4–177,5 г, відповідно, у сортів КиВін та Хуторяночка – 125,2–143,2 г та 141,9–157,8 г, відповідно, тоді як у сорту Княжна – 111,8–126,4 г. Аналізуючи вплив строків сівби на показники маси 1000 насінин, встановлено, що зміщення строків сівби у більш ранні зумовлювало зростання цього показника у сортів КиВін – на 5,6–8,8 г, або 4,4–6,5 % та Тріада – на 1,3–15,1 г, або 0,9–9,7 % залежно від норми висіву. У сортів Княжна та Хуторяночка, навпаки, спостерігалось зменшення маси 1000 насінин, відповідно, на 3,1–5,5 г, або 2,0–4,7 % та 3,2–5,0 г, або 2,0–3,4 %. У сорту Діадема Поділля спостерігалось незначне зменшення цього показника (1,2–2,7 г, або 0,8–1,5 %) порівняно з оптимальним строком сівби.

Зміщення строків сівби у більш пізні призвело до зменшення маси 1000 насінин у сортів Діадема Поділля – на 1,3–11,5 г, або 0,8–6,6 % та Тріада – на 5,0–11,2 г, або 3,4–7,2 %, тоді як у сортів КиВін та Хуторяночка відхилення цього показника було неістотним порівняно з оптимальним строком сівби.

Збільшення норми висіву з 500 тис. схожих насінин до 900 тис. схожих насінин в усіх досліджуваних сортів сої зумовлювало зменшення маси 1000 насінин. Зокрема, у сорту Діадема Поділля цей показник зменшувався на 7,9–22,0 г, або 4,8–12,4 %, у сорту КиВін – на 8,8–12,0 г, або 6,5–8,4 %, у сорту Княжна – на 2,1–11,5 г, або 1,7–9,1 %, у сорту Хуторяночка – на 7,8–12,7 г, або 5,0–8,2 % та у сорту Тріада – на 0,5–20,7 г, або 0,5–13,9 %.

Разом з тим, нами встановлено, що за раннього строку сівби збільшення норми висіву зумовлювало зменшення маси 1000 насінин усіх досліджуваних сортів, у середньому, на 4,3–22,0 г, або 3,7–13,9 %, за оптимального – на 2,1–18,1 г, або 1,7–10,4 % та за пізнього – на 0,7–11,5 г, або 0,5–9,1 %.

Оцінка досліджуваних технологічних елементів, проведена шляхом розрахунку індексу урожаю за формулою Дональда (*Donald, 1968*), показала, що за строками сівби відхилення цього показника було незначним, тоді як збільшення норми висіву призводило до його зменшення в усіх досліджуваних сортів сої.

Таблиця 3. Формування елементів структури врожаю сортів сої з різним вегетаційним періодом залежно від строків сівби та норм висіву, середнє за 2016–2019 рр.

Сорт сої	500 тис. схожих насінин на 1 га				900 тис. схожих насінин на 1 га			
	кількість, шт.		маса 1000 насінин, г	індекс урожаю	кількість, шт.		маса 1000 насінин, г	індекс урожаю
	бобиків на рослині	насінин у бобику			бобиків на рослині	насінин у бобику		
Діадема Поділля	Ранній строк сівби (III декада квітня)							
	30	2,0	177,5	0,50	25	1,8	155,5	0,48
	Оптимальний строк сівби (I декада травня)							
	32	1,8	174,8	0,50	23	1,8	156,7	0,47
КиВін	Ранній строк сівби (III декада квітня)							
	44	2,0	143,2	0,47	31	2,0	131,2	0,43
	Оптимальний строк сівби (I декада травня)							
	41	1,9	134,4	0,43	28	1,8	125,6	0,41
Княжна	Ранній строк сівби (III декада квітня)							
	29	2,5	116,1	0,49	26	2,3	111,8	0,48
	Оптимальний строк сівби (I декада травня)							
	24	2,5	119,4	0,47	21	2,3	117,3	0,44
Хуторяночка	Ранній строк сівби (III декада квітня)							
	32	2,0	154,6	0,49	25	2,1	141,9	0,48
	Оптимальний строк сівби (I декада травня)							
	30	2,0	157,8	0,49	24	1,9	146,9	0,46
Тріада	Ранній строк сівби (III декада квітня)							
	38	2,0	170,1	0,47	28	1,9	149,4	0,43
	Оптимальний строк сівби (I декада травня)							
	37	2,0	155,0	0,47	29	1,7	148,1	0,42
Тріада	Пізній строк сівби (II декада травня)							
	28	2,0	143,8	0,44	28	1,9	143,1	0,41

У середньому за роки досліджень індекс урожаю становив для сортів Діадема Поділля 0,47–0,50 ум. од., Хуторяночка – 0,46–0,49 ум. од., Княжна – 0,42–0,49 ум. од., КиВін та Тріада – 0,41–0,47 ум. од. Варто зазначити, що за результатами досліджень, проведених у соєючих країнах, оціночні показники індексу урожаю сої становлять, у середньому, 0,50 ум. од., змінюючись в діапазоні від 0,35 ум. од. до 0,65 ум. од. (Gurigbal, 2014).

### Висновки

1. Встановлено, що досліджувані чинники у взаємодії з гідротермічними умовами вегетаційного періоду мали значний вплив на

формування показників індивідуальної продуктивності рослин сої усіх досліджуваних сортів: кількість бобиків на рослині та насінин у бобику, масу 1000 насінин, вагу насіння з 1 рослини тощо.

2. В усіх досліджуваних сортів збільшення норми висіву до 900 тис. схожих насінин зумовлює підвищення висоти прикріплення нижнього бобика, у середньому за роки досліджень, на 1,0–6,8 см, тоді як зменшення норми висіву до 500 тис. схожих насінин – зменшення цього показника на 0,9–5,7 см.

3. Строки сівби не мають істотного впливу на формування кількості бобиків у сортів сої Діадема Поділля та Хуторяночка, тоді як у сортів КиВін та Тріада найбільша кількість бобиків

формується за раннього строку сівби, найменша – за пізнього строку сівби. У сорту Княжна найбільша кількість бобиків формується за раннього строку сівби, тоді як за оптимального та пізнього – відхилення були незначними.

4. Збільшення норми висіву до 900 тис. схожих насінин на 1 га зумовлює зменшення маси 1000 насінин в усіх досліджуваних сортів сої за раннього строку сівби, у середньому, на 4,3–22,0 г, або 3,7–13,9 %, за оптимального – на 2,1–18,1 г, або 1,7–10,4 % та за пізнього – на 0,7–11,5 г, або 0,5–9,1 % порівняно з нормою висіву 500 тис. схожих насінин на 1 га.

5. Індекс урожаю істотно змінювався лише за нормами висіву та становив, у середньому за роки досліджень, для сортів Діадема Поділля 0,47–0,50 ум. од., Хуторяночка – 0,46–0,49 ум. од., Княжна – 0,42–0,49 ум. од., КиВін та Тріада – 0,41–0,47 ум. од.

6. Розвиток селекційного процесу та поява нових сортів сої обумовлює необхідність продовження досліджень щодо їх адаптації до певних ґрунтово-кліматичних умов вирощування, удосконалення окремих технологічних елементів (строків сівби, норм висіву, системи живлення тощо), що забезпечить високу їх продуктивність та максимальну реалізацію генетичного потенціалу.

### References

Babych, A. O. & Babych-Poberezhna, A. A. (2011). Seleksiia, vyrobnytstvo, torhivlia i vykorystannia soi u sviti [Soybeans breeding, production, trading and world use]. Kyiv : Ahrarna nauka [in Ukrainian].

Donald, C. M. (1968). In search of yield. *Journal of Australian Institute of Agricultural Science*, 28, 171–178.

Furman, O. V. (2017). Hustota stoyannya roslyn soi ta yiyi vyzhyvanist zalezno vid strokiv sivby ta sortu [Soybean plant density and their survival depending on the sowing terms and varieties]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 83, 83–89 [in Ukrainian].

Furman, O. V. (2018). Dynamika formuvannya ploshchi lystkovoyi poverkhni soi pid vplyvom tekhnolohichnykh faktoriv vyroshchuvannya [Dynamics of soybean leaf surface area formation under the influence of technological factors of growing]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 86, 101–106 [in Ukrainian].

Guribal, S. (2014). Soya: biologija, proizvodstvo, ispolzovanie [The Soybean: Botany, Production and Uses]. Kiyev : Zerno [in Russian].

Ivaniuk, S. V. (2012). Formuvannia sortovykh

resursiv soi vidpovidno do bioklimatychnoho potentsialu rehionu vyroshchuvannia [Formation of variety resources of soybean in accordance with bioclimatic potential of the region of cultivation]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 71, 34–40 [in Ukrainian].

Kolisnyk, S. I. (2012) Osnovni tekhnolohichni pryjomy vyroshchuvannia soi na nasinnia [Basic technological methods of soybean cultivation for seed]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 71, 41–48 [in Ukrainian].

Polishchuk, I. S., Polishchuk, M. I. & Yurchenko, N. A. (2019). Tryvalist periodu vechetatsii ta mizhfaznykh periodiv sortiv soi zalezno vid strokiv sivby ta norm vysivu [The duration of the growing season and the interphase periods of soybean varieties depending on the timing of sowing and seeding rates]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 15, 64–71. doi: 10.37128/2707-5826-2019-4-6 [in Ukrainian].

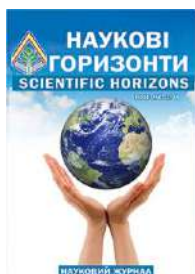
Shepilova, T. P. & Petrenko, D. I. (2017). Vplyv sposobu sivby i normy vysivu nasinnia na rist i rozvytok roslyn soi [Influence of seeding methods and rates on the growth and development of soybean]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 1, 74–77 [in Ukrainian].

Shevnikov, M. Ya. & Lohvynenko, O. M. (2013). Vplyv strokiv, sposobiv sivby, norm vysivu riznykh sortiv soi na yii produktyvnist [Influence of different sorts of soy on its productivity]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1, 12–16 [in Ukrainian].

Shevnikov, M. Ya., Milenko, O. H. & Lotysh, I. I. (2018). Urozhainist sortiv soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [The productivity of soy sorts depending on elements of growing technology]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 15–21. doi: 10.31210/visnyk2018.03.02 [in Ukrainian].

Tsekhmeistruk, M. H., Sheliakin, V. O. & Hlubokyi, O. M. (2016). Yakist nasinnia sortiv soi zalezno vid strokiv sivby v skhidnomu Lisostepu Ukrainy [Quality of soybean varieties depending on sowing dates in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 82, 39–44 [in Ukrainian].

Tsekhmeistruk, M. H., Sheliakin, V. O., Shevnikov, M. Ya. & Lytvynenko, O. S. (2018). Vplyv strokiv sivby na urozhainist sortiv soi [The influence of sowing dates on the yield capacity of soybeans sorts]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1, 35–41. doi: 10.31210/visnyk2018.01.05 [in Ukrainian].



UDC 631.582.5:633.85

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF CROPS ROTATIONS WITH DIFFERENT SATURATION OF OILSEEDS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

L. Kvasnitska

### Article info

Received  
27.04.2020

Accepted  
24.06.2020

Khmelnitsky  
State  
Agricultural  
Experimental  
Station of the  
Institute of  
Forage and  
Agriculture of  
Podillya NAAS  
Samchyky  
village,  
Starokostiantyniv  
district,  
Khmelnitsky  
region,  
31182, Ukraine

E-mail:  
[larusa7215@ukr.net](mailto:larusa7215@ukr.net)

*Kvasnitska, L. (2020). Comprehensive assessment of crops rotations with different saturation of oilseeds in the Right-Bank Forest-Steppe. Scientific Horizons, 07 (92), 40–44. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-40-44.*

*Production of oilseeds for agricultural producers is one of the main sources of profitability, which allows to ensure efficient operation. The constant growth in demand for rapeseed, soybean and sunflower seeds both in Ukraine and on the world market has led to an expansion of the area occupied by these crops. The purpose of the research is to conduct a comparative assessment of short-rotation crop rotations saturated with oilseeds, and to determine the most effective options for the zone of sufficient moisture of the Right-Bank Forest-Steppe. Field research was conducted in a long-term stationary experiment at the Khmelnytsky State Agricultural Research Station of the Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS during 2016–2018 on chernozem podzolic in five-field crop rotations, saturated with 40–60 % grain and 40–60 % oilseeds. According to research, the highest level of profitability of 157 % was provided by crop rotation saturated with 40 % oilseeds, of which 20 % winter rape and 20 % soybeans, the cost of which was the highest at the lowest cost of cultivation. The energy efficiency ratio was 4.57 conventional units. With the introduction of 40 % of winter rape in crop rotation, oil harvest increased by 45 %, but other productivity indicators per hectare of crop rotation area decreased significantly.*

*High average yield of grain crops – 6.93 t/ha, harvest of feed units – 7.12 tons, digestible protein – 0.790 tons per hectare of crop rotation area at a level of profitability of 111 % was obtained in crop rotation saturated with 60 % grain and 40 % oilseeds, of which 20 % sunflower and 20 % soybeans, under an alternative fertilizer system. The energy efficiency ratio was 3.52 conventional units. The use of only a mineral fertilizer system in an identical crop rotation set increased the energy efficiency of a hectare of crop rotation area.*

**Key words:** *crop rotation, soybean, sunflower, winter rape, economic and energy efficiency.*

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СІВОЗМІН З РІЗНИМ НАСИЧЕННЯМ ОЛІЙНИМИ КУЛЬТУРАМИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Л. С. Квасніцька

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН  
с. Самчики, Старокостянтинівський район, Хмельницька область, 31182

*Виробництво олійних культур для сільськогосподарських товаровиробників є одним із основних джерел формування прибутковості, що дає змогу забезпечити ефективну діяльність. Постійне зростання попиту на насіння ріпаку, сої, соняшнику не лише в Україні, а й на світовому ринку сприяло*

розширенню площ, зайнятих цими культурами. Мета досліджень – провести порівняльну оцінку короткоротаційних сівозмін, насичених олійними культурами, та визначити найефективніші їх варіанти для зони достатнього зволоження Правобережного Лісостепу. Польові дослідження проведені протягом 2016–2018 рр. в умовах Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН на чорноземних опідзолених ґрунтах у п'ятипільних сівозмінах з насиченням на 40–60 % зерновими та 40–60 % олійними культурами.

За результатами досліджень було встановлено, що найвищий рівень рентабельності 157 % забезпечила сівозмінна насичена на 40 % олійними культурами, з них 20 % ріпаку озимого та 20 % сої, вартість виробленої продукції у якій була найбільшою за нижчих витрат на вирощування. Коефіцієнт енергетичної ефективності становив 4,57 умовних одиниць. За уведення у сівозмінну 40 % ріпаку озимого збільшився збір олії на 45 %, однак суттєво знизилась інші показники продуктивності гектара сівозмінної площі.

Високу середню урожайність зернових культур – 6,93 т/га, збір кормових одиниць – 7,12 т, перетравного протеїну – 0,790 т з гектара сівозмінної площі за рівня рентабельності 111 % отримано у сівозміні насиченій на 60 % зерновими та 40 % олійними культурами, з них 20 % соняшнику та 20 % сої, за альтернативної системи удобрення. Коефіцієнт енергетичної ефективності становив 3,52 умовних одиниць. Застосування лише мінеральної системи удобрення у ідентичній за набором культур сівозміні підвищило показники енергетичної ефективності гектара сівозмінної площі.

**Ключові слова:** сівозмінна, соя, соняшник, ріпак озимий, продуктивність, економічна та енергетична ефективність.

## Вступ

Сучасне високотоварне сільськогосподарське виробництво неможливе без суворого регламентованого комплексу технологій і організаційно-господарських заходів, які відповідають виробничій спеціалізації господарств і прийнятій системі землеробства. Адже високі врожаї з одночасним підвищенням родючості ґрунту отримують лише за оптимальної структури посівних площ, набору, співвідношення і чергування культур у різноротаційних сівозмінах (Shuvar, 1998; Boiko et al., 2016; Kaminskyi et al., 2018).

Нині потрібно обґрунтовано підійти до економічних питань організації аграрного виробництва, враховуючи світову кон'юнктуру і аналіз зовнішніх ринків збуту сільськогосподарської продукції, дотримуючись водночас науково обґрунтованих підходів чергування культур у сівозміні. Лише за наявності раціональних сівозмін формуються умови для планового застосування технологій на кожному полі, зростає продуктивність кожної культури. Беззмінне їх вирощування різко знижує врожайність, родючість ґрунту, погіршує фітосанітарний стан його і посівів порівняно із сівозміною. Правильно складена сівозмінна має велике значення для підвищення культури землеробства, росту врожайності кожної культури і рентабельності землеробства (Kaminskyi, 2015; Kaminskyi, 2016; Kernasiuk, 2016).

Значну роль у розвитку аграрного напрямку

економіки України займають зернові та олійні культури. Зерновий клин представлено трьома основними культурами – пшеницею, ячменем та кукурудзою. Олійний напрям зосереджується на вирощуванні насіння соняшнику, сої та ріпаку. Щорічні надходження від реалізації зернових і олійних культур становлять 6,5 та 1,7 млрд доларів США, відповідно (Karamushka et al., 2018).

Таким чином, метою наших досліджень було проведення порівняльної оцінки короткоротаційних сівозмін, що насичені олійними культурами, за різних систем удобрення та визначення найбільш ефективних їх варіантів для зони достатнього зволоження Правобережного Лісостепу.

## Матеріали та методи

Польові дослідження проводили в тривалому стаціонарному досліді на Хмельницькій ДСГДС ІКСГП НААН протягом 2016–2018 рр. на чорноземі опідзоленому в чотирьох сівозмінах, насичених на 40–60 % зерновими та 40–60 % технічними культурами (табл. 1).

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений середньосуглинковий. Розміщення варіантів у досліді систематичне, посівна площа ділянки – 174 м<sup>2</sup>, облікова – 100 м<sup>2</sup>, повторність триразова. У досліді посів проводили сортами та гібридами сільськогосподарських культур, що занесені до Державного реєстру сортів рослин,

придатних до поширення в Україні. Технології вирощування досліджуваних культур були загальноприйняті для зони достатнього зволоження Правобережного Лісостепу України.

Показники продуктивності сівозмін здійснювали із врахуванням виходу основної та побічної продукції на 1 га ріллі, що перераховували у зернові одиниці за коефіцієнтами В. Д. Гревцова (*Grevzov, 1991*), а кормові одиниці та перетравний протеїн визначали за методикою М.М. Карпуся «Деталізована поживність кормів

зони Лісостепу України» (*Karpys, 1995*).

Розрахунки енергетичної ефективності окремих культур і сівозмін проводили за загальноприйнятими методиками (*Tarariko et al., 2001*), а економічну ефективність визначали за технологічними картами та нормативними матеріалами господарств вищезазначеної зони.

Математично-статистичну обробку експериментальних даних обраховано методом дисперсійного аналізу з використанням програмних засобів *Microsoft Excel*.

Таблиця 1. Структура посівних площ та система удобрення у п'ятипільних сівозмінах, 2016–2018 рр.

Варіант сівозміни	Структура посівних площ, %								Внесено на гектар сівозмінної площі діючої речовини, кг		
	всього зернових	з них			всього олійних	з них			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		пшениці озимої	ячменю	кукурудзи на зерно		сої	ріпаку озимого	соняшнику			
1	60	20	20	20	40	20	-	20	62	52	58
2	60	20	20	20	40	20	20	-	74	54	62
3	40	40	-	-	60	20	40	-	80	52	60
4	60	20	20	20	40	20	-	20	62	52	58

Примітка: у варіанті 5 у кожному полі щорічно побічну продукцію заробляли на добриво та вносили компенсуючу дозу азоту N<sub>10</sub>/т (альтернативна система удобрення).

#### Результати досліджень та обговорення

Соняшник у зерно-просапній сівозміні вирощували після пшениці озимої. Урожайність його у досліді становила 3,19–3,99 т/га (табл. 2). Відмічено суттєве підвищення її у варіанті 4, де заорювали побічну продукцію попередника на добриво, за рахунок збільшення маса 1000 насінин на 8 % та маси насіння з 1 рослини – на 4 % (варіант 2 порівняно із варіантом 1). Більша кількість доступної вологи у ґрунті у цьому варіанті забезпечила кращі умови для росту та розвитку рослин культури.

Попередниками сої у досліді були кукурудза на зерно, ячмінь ярий та ріпак озимий. Кукурудза на зерно забезпечила найвищий рівень урожайності культури. Аналіз структури урожаю сої засвідчив, що найбільша кількість насінин на 1 рослині – 34,2 шт. та масу 1000 насінин – 170,9 г була у варіанті 4 за альтернативної системи удобрення.

Суттєве зниження урожайності сої (18 %) отримали за вирощування після ріпаку озимого у зерно-ріпаківій сівозміні 4. Тут відмічено погіршення санітарного стану посівів, пригнічення розвитку рослин. Висота рослин сої знизилася на 23 %, маса 1000 насінин – на 9 % та на 22 % менше сформувалося насінин у бобі (варіант 3 порівняно з варіантом 4).

Урожайність ріпаку озимого у досліді становила 2,61–3,26 т/га. Повернення його у сівозміну через 2 роки знизило урожайність на 6 %, через 1 рік – на 17 %, за цього відмічено зменшення густоти посіву на 21 та 36 %, кількості насінин на 1 рослині на 8 та 14 %, відповідно. Ріпак як попередник пшениці озимої забезпечив її урожайність на рівні 6,96 т/га.

Продуктивність короткоротаційних сівозмін змінювалася залежно від набору, співвідношення і розміщення зернових та олійних культур та системи удобрення у сівозміні. Найбільший збір з гектара сівозмінної площі зерна – 4,16 т, олії – 0,50 т за рівня рентабельності 111 % отримано у сівозміні 4, насиченій на 60 % зерновими та 40 % олійними культурами, з них 20 % соняшнику та 20 % сої, за альтернативної системи удобрення (табл. 3).

Таблиця 2. Урожайність сільськогосподарських культур у сівозмінах, 2016–2018 рр.

Варіант сівозміни	Середня урожайність зернових, т/га	Урожайність культур, т/га					
		пшениці озимої	сої	кукурудзи на зерно	ячменю	ріпаку озимого	соняшнику
1	6,63	6,76	2,42	7,78	5,36	-	3,20
2	6,73	6,78	2,38	7,80	5,62	3,26	-
3	6,49	6,49	2,07	-	-	2,73	-
4	6,93	6,96	2,68	8,27	5,56	-	3,80
НІР <sub>05</sub>		0,11	0,07	0,03	0,12	0,02	0,05

Таблиця 3. Показники продуктивності та економічної ефективності сівозмін, 2016–2018 рр.

Варіант сівозміни	Збір з гектара сівозмінної площі, т								Собівартість, грн/т		Рівень рентабельності, %
	зерна	кормових одиниць	зернових одиниць	олії	перетравного протеїну	насіння			зерна	кормових одиниць	
						ріпаку	соняшнику	сої			
1	3,98	7,91	6,95	0,43	0,750	-	0,64	0,48	2595,43	2071,34	125
2	4,04	8,71	6,67	0,37	0,696	0,65	-	0,48	2489,00	1871,16	157
3	2,60	6,68	5,89	0,54	0,653	1,09	-	0,41	2647,55	2487,53	140
4	4,16	7,12	6,42	0,50	0,790	-	0,76	0,54	2779,69	2536,81	111

Слід зазначити, що зниження показників економічної ефективності у цій сівозміні відбулося через збільшення витрат коштів на гектар сівозмінної площі за рахунок компенсуючої дози азоту для розкладання побічної продукції.

Введення у сівозміну замість соняшнику ріпаку озимого збільшило збір кормових одиниць на 10 %, однак забезпеченість їх перетравним протеїном зменшилася на 27 % (варіант 2 порівняно з варіантом 1).

У сівозміні (вар. 3) насиченій на 20 % соєю та по 40 % ріпаком озимим і пшеницею озимою одержали найбільший збір продовольчого зерна (2,60 т/га сівозмінної площі). Однак, збір з гектара сівозмінної площі кормових одиниць становив 6,68 т, що на 23 % нижче, ніж у варіанті 2.

Слід зазначити, що сівозміни насичені олійними культурами – високорентабельні. Однак, найвищий рівень рентабельності 157 %

забезпечила сівозміна 3, насичена на 60 % зерновими та по 20 % ріпаком озимим та соєю, вартість виробленої продукції, у якій на 10 % була більшою за нижчих витрат на вирощування (вар. 3 порівняно з вар. 2). Собівартість зерна становила 2489,00 грн/т, кормових одиниць – 1871,16 грн/т.

Найвищі показники енергетичної ефективності відмічено у сівозміні 1, насиченій на 60 % зерновими та 40 % олійними культурами, з них 20 % соняшнику та 20 % сої, за мінеральної системи удобрення, де енергетичні витрати на вирощування продукції були найменшими – 24,1 ГДж/га, що дозволило отримати найвищий Кее – 8,39 умовних одиниць (табл. 4). Слід зазначити, що саме у цій сівозміні отримали найменший показник енергетичних витрат на 1 тону зерна – 6,06 ГДж та кормових одиниць – 3,00 ГДж.

Таблиця 4. Енергетична оцінка сівозмін, 2016–2018 рр.

Варіант сівозміни	Енергоємність врожаю, ГДж/га	Енерговитрати, ГДж			Коефіцієнт енергетичної ефективності
		на 1 га	на 1 т		
			зерна	кормових одиниць	
1	202,2	24,1	6,06	3,00	8,39
2	169,9	37,2	9,21	4,18	4,57
3	134,7	24,6	9,46	3,48	5,48
4	229,2	36,7	8,82	5,09	6,24

### Висновки

В умовах достатнього зволоження Правобережного Лісостепу України сівозміни насичені на 40–60 % олійними культурами – високорентабельні. Однак, найвищий рівень рентабельності 157 % забезпечила сівозміна насичена на 20 % ріпаком озимим та 20 % соєю, вартість виробленої продукції у якій на 10 % була більшою за менших витрат на вирощування. Коефіцієнт енергетичної ефективності становив 4,57 умовних одиниць.

За введення у сівозміну 40 % ріпаку озимого збільшився збір олії на 45 %, однак суттєво зменшився вихід з гектара сівозмінної площі: зерна – на 35 %, зернових – на 11 % та кормових – на 23 % одиниць, перетравного протеїну – на 6 %.

Високу середню урожайність зернових культур – 6,93 т/га, збір кормових одиниць – 7,12 т, перетравного протеїну – 0,790 т з гектара сівозмінної площі за рівня рентабельності 111 % отримано у сівозміні насиченій на 60 % зерновими та 40 % олійними культурами, з них 20 % соняшнику та 20 % сої, за альтернативної системи удобрення. Коефіцієнт енергетичної ефективності становив 6,24 умовних одиниць. Застосування лише мінеральної системи удобрення у ідентичній за набором культур сівозміні підвищило показник Кеє до 8,39 умовних одиниць.

### References

- Boiko, P. I., Litvinov D. V., Demydenko O. V., Shapoval, I. S. & Kovalenko, N. P. (2016). Produktivnist silskohospodarskykh kultur u riznorotatsiinykh sivozminakh na typovykh chornozemakh [Productivity of agricultural crops in rotational crop rotations on typical chernozems]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 12, 11–16. [in Ukrainian].
- Grevtsov, V. D. (Ed.). (1991). *Spravochnik po planirovaniyu v agropromyshlennom komplekse* [Agribusiness planning handbook]. Kiyev: Urozhay [in Russian].
- Kaminskyi, V. F. (2015). Sivozmina yak osnova staloho zemlekorystuvannia ta prodovolchoi bezpeky

Ukrainy [Crop rotation as a basis for sustainable land use and food security of Ukraine]. *Zemlerobstvo*, 2, 3–13 [in Ukrainian].

Kaminskyi, V. F. (2016). Naukovi zasady biolohichnoho zemlerobstva v umovakh zminy klimatu [Scientific principles of organic farming in the context of climate change]. *Zemlerobstvo*, 1, 3–11 [in Ukrainian].

Kaminskyi, V. F., Shevchenko, I. P. & Kolomiets, L. P. (2018). Naukovo-metodychne zabezpechennia okhorony zemel silskohospodarskoho pryznachennia yak peredumova staloho rozvytku ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy [Scientific and methodological support for the protection of agricultural lands as a prerequisite for sustainable development of the agro-industrial complex of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 1, 5–10. doi: 10.31073/agrovisnyk201801-01 [in Ukrainian].

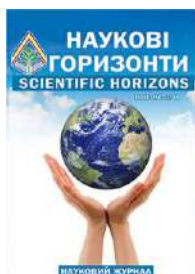
Karamushka, O. M. & Moroz, S. I. (2018). Analiz vyrobnytstva zernovykh ta oliinykh kultur v Ukraini [Analysis of grain and oilseeds production in Ukraine]. *Efektivna ekonomika*, 10. doi: 10.32702/2307-2105-2018.10.41 [in Ukrainian].

Karpus, M. M., Slavov, V. P., Lapa, M. A. & Martyniuk, H. M. (1995). Detalizovana pozhyvnist kormiv zony Lisostepu Ukrainy [Detalizovana pozhyvnist kormiv zony Lisostepu Ukrainy]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

Kernasiuk, Yu. (2016). Zovnishnoekonomichniy oriientyr dlia ukrainskoho ahroeksportu [Foreign economic landmark for Ukrainian agro-export]. *Ahrobiznes sohodni*, 4, 15–17 [in Ukrainian].

Shuvar, I. A. (1998). Naukovi osnovy sivozmin intensyvno-ekolohichnoho zemlerobstva [Scientific bases of crop rotations of intensive ecological agriculture]. Lviv: Kameniar [in Ukrainian].

Tarariko, Yu. O., Nesmashna, O. Yu. & Hlushchenko, L. D. (2001). Enerhetychna otsinka system zemlerobstva i tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Energy assessment of agricultural systems and technologies of growing crops]. Kyiv : Nora-Print [in Ukrainian].



UDC 633.11:631.81 (477.8)

**PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT DEPENDING ON FOOD BACKGROUNDS  
IN THE CONDITIONS OF WESTERN POLISSIA**

**O. Sydiakina<sup>1</sup>, V. Dvoretzkyi<sup>2</sup>**

*Article info*

*Received*  
15.05.2020

*Accepted*  
24.06.2020

<sup>1</sup> State higher education institution “Kherson State Agrarian University”  
23, Stritenskaya Str., Kherson, 73006, Ukraine

<sup>2</sup> Volyn State Agricultural Experimental Station of the Institute of Potato Growing of the National Academy of Sciences of Ukraine  
2, Shkolnaya Str., Rokini, Lutsk district, Volyn region, 45626, Ukraine

*E-mail:*  
[gamajunovaal@gmail.com](mailto:gamajunovaal@gmail.com);  
[vdvreckiy1964@gmail.com](mailto:vdvreckiy1964@gmail.com)

**Sydiakina, O., Dvoretzkyi, V. (2020). Productivity of winter wheat depending on food backgrounds in the conditions of Western Polissia. *Scientific Horizons*, 07 (92), 45–52. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-45-52.**

*The results of the influence of organo-mineral fertilizer and foliar fertilizing with complex fertilizers on the yield, biochemical and physical indicators of the quality of winter wheat grain of Artemis variety are presented. Experimental investigations were carried out on drained sod-podzolic soil during 2016–2018 in the experimental farm "First of May" Volyn state agricultural experimental station of Institute of potato NAAS of Ukraine.*

*Studies have shown that the main application of mineral fertilizers in the norm  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , the addition of siderate and the introduction of 10 t/ha of manure provided an increase in grain yield by 1.45 t/ha, straw-by 1.16 t/ha. Significantly higher yield was determined in the variants of foliar fertilizing with complex fertilizers for this background. Due to the latter, 0.62–0.96 t/ha of grain and 0.50–0.77 t/ha of straw were additionally formed. The maximum yield of grain and straw was provided by fertilizing winter wheat crops with organo-mineral fertilizer Organic D2–M.*

*With the improvement of the nutrition background, the protein content of winter wheat grain increased by 0.2–0.3 %, and raw gluten – by 0.4–0.6 %. There was no significant difference between the fertilizer variants according to these quality indicators. However, it was observed for the conditional yield of protein and raw gluten from a hectare of winter wheat. Due to the higher formed yield, the variants with non-root fertilizing with complex fertilizers had a significant advantage. And especially organo-mineral complex Organic D2–M.*

*Optimization of the nutrition background contributed to an increase in the mass of 1000 grains from 38 g in the control without fertilizers to 42–45 g for their application. Carrying out non-root top-UPS with complex fertilizers did not affect this physical quality indicator, and the use of the vitamin complex BF–3 in General led to its reduction in comparison with the main application of mineral and organic fertilizers.*

*The nature of grain grown in the fertilized areas of the experiment exceeded this indicator by 1.7–3.0 % in the control without fertilization. The smallest effect on the natural weight was determined for carrying out foliar top-UPS with the vitamin complex BF–3. There was no significant difference between other fertilizer options.*

**Key words:** winter wheat, complex fertilizers, grain and straw yield, protein, raw gluten, conditional yield of protein and raw gluten, weight of 1000 grains, grain nature.

## ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОНІВ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

О. В. Сидякіна<sup>1</sup>, В. Ф. Дворецький<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державний вищий навчальний заклад “Херсонський державний аграрний університет”  
вул. Стрітенська, 23, м. Херсон, 73006, Україна

<sup>2</sup>Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту картоплярства НААН України  
вул. Шкільна, 2, смт Рокині, Луцький район, Волинська область, 45626, Україна

Наведені результати впливу органо-мінерального удобрення та проведення по його фоні позакореневих підживлень комплексними добривами на врожайність, біохімічні та фізичні показники якості зерна пшениці озимої сорту Артеміда. Експериментальні дослідження проводили на осушуваному дерново-підзолистому ґрунті впродовж 2016–2018 рр. в умовах дослідного господарства «Перше Травня» Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту картоплярства НААН України.

Дослідження показали, що основне внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , заробка сидерату та внесення 10 т/га гною забезпечили збільшення врожайності зерна на 1,45 т/га, соломи – на 1,16 т/га. Значно вищу врожайність визначено у варіантах проведення по даному фоні позакореневих підживлень комплексними добривами. За рахунок останніх додатково сформовано 0,62–0,96 т/га зерна та 0,50–0,77 т/га соломи. Максимальну у досліді врожайність зерна і соломи забезпечило проведення підживлень посівів пшениці озимої органо-мінеральним добривом Органік Д2–М.

З покращенням фоні живлення вміст білка у зерні пшениці озимої збільшився на 0,2–0,3 %, сирової клейковини – на 0,4–0,6 %. Суттєвої різниці між варіантами удобрення за даними показниками якості виявлено не було. Проте її спостерігали за умовним виходом білка і сирової клейковини з гектару посіву пшениці озимої. За рахунок більш високої сформованої врожайності значну перевагу у даному випадку мали варіанти з проведенням позакореневих підживлень комплексними добривами, і особливо органо-мінеральним комплексом Органік Д2–М.

Оптимізація фоні живлення сприяла збільшенню маси 1000 зерен з 38 г у контролі без добрив до 42–45 г за їх внесення. Проведення позакореневих підживлень комплексними добривами на даному фізичному показникові якості не позначилось, а використання вітамінного комплексу БФ–3 взагалі призвело до його зменшення порівняно з основним внесенням мінеральних та органічних добрив.

Натура зерна, вирощеного на удобрених ділянках досліді, на 1,7–3,0 % перевищила даний показник у контролі без внесення добрив. Найменшу дію за натурною масою визначено за проведення позакореневих підживлень вітамінним комплексом БФ–3. Суттєвої різниці між іншими варіантами удобрення не спостерігали.

**Ключові слова:** пшениця озима, комплексні добрива, врожайність зерна і соломи, білок, сира клейковина, умовний вихід білка і сирової клейковини, маса 1000 зерен, натура зерна.

### Вступ

Україна володіє сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами для гарантованого одержання високоякісного зерна пшениці озимої. Сучасне агропромислове виробництво потребує збільшення обсягів сільськогосподарської продукції високої якості, зокрема валових зборів сильних і цінних пшениць, що відповідає основним напрямкам державної політики з питань продовольчої безпеки та експортного потенціалу нашої країни (Dibrova et al., 2016; Dvoretzkyi et al., 2019; Pchuk et al., 2019).

На жаль, наразі понад 70 % зерна пшениці озимої, вирощеного в Україні, відноситься до

продовольчого і не відповідає європейським стандартам якості (Karabach, 2019). Тому проблема збільшення зерновиробництва з одночасним покращенням показників якості зерна була і залишається актуальною проблемою аграрного сектору України.

Серед багатьох факторів мінеральні добрива є одним з найефективніших та швидкодіючих чинників підвищення врожайності пшениці озимої та покращення якості її зерна. Висока ефективність добрив у формуванні продуктивності культури пояснюється тим, що елементи живлення містяться у ґрунті переважно у важкодоступних для засвоєння рослинами формах, а фізіологічна активність кореневої

системи пшениці є недостатньо високою. Тому оптимізація фону мінерального живлення забезпечує досить високі прирости врожаю пшениці і формування зерна високої якості на всіх ґрунтових відмінах (Hamayunova & Smirnova, 2017; Mostipan et al., 2019).

Ефективним прийомом підвищення врожайності та покращення якості зерна пшениці озимої є весняне підживлення посівів азотними добривами. Більш доцільно проводити даний агрозахід до початку відновлення весняної вегетації, по мерзлоталому ґрунту, за дози азотних добрив 30–60 кг/га д.р. Оптимізація азотного живлення рослин у даному випадку сприяє інтенсивному відростанню пагонів, активізації кореневої системи і створенню оптимальної густоти стеблостою. Дослідженнями, проведеними в умовах Інституту зрощуваного землеробства НААН, було встановлено високу ефективність ранньовесняного підживлення посівів пшениці озимої аміачною селітрою або карбамідно-аміачною сумішшю (КАС) у дозах 30 кг/га д.р. (Zayets & Romanenko, 2016).

В умовах Державного підприємства «Дослідне господарство «Дніпро» Державної установи Інститут зернових культур НААН більш високу ефективність забезпечило внесення по мерзлоталому ґрунту дози азотних добрив 60 кг/га д.р. Також високу ефективність було визначено за проведення двох азотних підживлень –  $N_{60}$  по мерзлоталому ґрунту та  $N_{30}$  локально у кінці фази куціння. За дворазового підживлення вирощене зерно містило більшу кількість білка та клейковини (Hasanova et al., 2019).

Важливим резервом підвищення продуктивності пшениці озимої є використання комплексних добрив, добре збалансованих за вмістом як макро-, так і мікроелементів. Їх застосування в агротехнологіях сприяє максимальній реалізації потенційних можливостей сучасних сортів пшениці озимої (Korniyenko et al., 2018; Smetanko et al., 2018; Markovska & Hrechyshkina, 2020).

Дослідженнями, проведеними на полях Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного, було встановлено високу ефективність позакореневого підживлення рослин комплексним хелатним добривом фізіоживлін + Р (Україна). Оптимізація живлення сприяла збільшенню маси і об'єму кореневої системи, покращувала фотосинтетичну діяльність

посіву і, як наслідок, забезпечила збільшення зернової продуктивності культури на 16,4 % порівняно з контролем (Bohdan et al., 2017).

За вирощування пшениці озимої на дослідному полі Миколаївського НАУ максимальний рівень урожайності зерна одержали у варіантах проведення двох позакореневих підживлень біопрепаратами Ескорт-біо та Органік Д2 на початку відновлення весняної вегетації та у фазу виходу рослин у трубку по фону основного внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{30}P_{30}$  (Hamayunova & Panfilova, 2019).

Наразі в Україні представлений дуже широкий асортимент різноманітних комплексних добрив і препаратів (Barabolia et al., 2017; Hotskuu & Stepanyuk, 2019; Orlovskiy et al., 2019). Деякі з них всебічно досліджені, пройшли виробничу перевірку і за правом вважаються світовими брендами, а деякі потребують дослідження і перевірки щодо їх впливу на ріст, розвиток та формування продуктивності рослин, зокрема провідної продовольчої культури нашої країни – пшениці озимої.

Метою проведених нами досліджень було визначити вплив основного внесення органіко-мінеральних добрив та проведення позакореневих підживлень комплексними препаратами на врожайність, біохімічні та фізичні показники якості зерна пшениці озимої в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Полісся.

### Матеріали та методи дослідження

Дослідження з пшеницею озимою середньостиглого сорту Артеміда були проведені впродовж 2016–2018 рр. в умовах дослідного господарства «Перше Травня» Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту картоплярства НААН України за загальноприйнятими методиками.

Ґрунт – осушуваний дерново-підзолистий глейовий супіщаний з вмістом валових форм азоту 0,10–0,13 %, фосфору – 0,049–0,052 %, рухомого фосфору – 5,1–6,3, обмінного калію – 17,4–22,8 мг/100 г ґрунту. Щільність у шарі ґрунту 0–20 см – 1,36 г/см<sup>3</sup>. рН – 5,4, гідролітична кислотність – 1,7–2,4 мг.-екв./100 г ґрунту.

Пшеницю озиму вирощували у зерно-кормовій п'ятипільній сівозміні з таким чергуванням культур: 1 – конюшина лучна; 2 – пшениця озима; 3 – однорічні трави (пелюшка); 4 – кукурудза на силос; 5 – ячмінь + конюшина.

Схема досліду включала 6 варіантів удобрення: 1. Без добрив (контроль); 2. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, заробка 2-го укусу попередника (сидерат), 10 т/га гною – фон; 3. Фон, БФ–3 дозою 1 л/га; 4. Фон, HELPROST дозою 2 л/га; 5. Фон, Органік Д2–М дозою 1 л/га; 6. Фон, Українські гумати дозою 0,15 л/га. У контрольному варіанті досліду з органічних добрив використовували напівперепрілий гній ВРХ, азотних – аміачну селітру, фосфорних – суперфосфат гранульований, калійних – калімагнезію. Позакореневі підживлення комплексними добривами проводили під час відновлення вегетації, у фази виходу рослин у трубку та появи прапорцевого листка.

Із біохімічних показників якості в зерні пшениці озимої визначали вміст білка (за Кьельдалем) та сирової клейковини (ГОСТ 13586.1–68), із фізичних – масу 1000 зерен (ГОСТ 10842–89) і натуру зерна (ГОСТ 10840–64).

Статистичний аналіз результатів польового досліду виконували методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерної програми "Agrostat".

### Результати досліджень та обговорення

Урожайність сільськогосподарських культур, зокрема пшениці озимої, значною мірою обумовлюється низкою різноманітних чинників, серед яких першочергову роль відіграє фон живлення рослин. Науково обґрунтоване застосування органічних, органо-мінеральних і мінеральних добрив, бактеріальних і ріст-регулюючих препаратів дозволяє не тільки суттєво підвищити рівень сформованої врожайності, але й покращити якість вирощеної продукції (Panfilova & Hamayunova, 2018; Tsvey et al., 2019). Підтвердили це і результати проведених нами досліджень (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив удобрення на врожайність зерна та соломи пшениці озимої (середнє за 2016–2018 рр.), т/га

Варіант удобрення	Урожайність		Приріст урожайності до контролю		Приріст урожайності до фону	
	зерна	соломи	зерна	соломи	зерна	соломи
Без добрив (контроль)	1,70	1,36	–	–	–	–
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> , заробка сидерату, 10 т/га гною – фон	3,15	2,52	1,45	1,16	–	–
Фон, БФ–3	3,91	3,13	2,21	1,77	0,76	0,61
Фон, Helprost	3,77	3,02	2,07	1,66	0,62	0,50
Фон, Органік Д2–М	4,11	3,29	2,41	1,93	0,96	0,77
Фон, Українські гумати	3,89	3,11	2,19	1,75	0,74	0,59
НІР <sub>05</sub>	0,09–0,11	0,07–0,10	–	–	–	–

Так, у контрольному варіанті без внесення добрив у середньому за 2016–2018 роки досліджень одержали урожайність зерна пшениці озимої на рівні 1,70 т/га. Оптимізація фону живлення сприяла її збільшенню на 1,45–2,41 т/га або в 1,9–2,4 разі. Одночасно зростала і врожайність соломи, приріст якої до контрольного варіанту досліду склав 1,16–1,93 т/га.

Найнижчий рівень урожайності зерна і соломи серед удобрених варіантів досліду забезпечило внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> із заробкою сидерату та збагаченням ґрунту органікою у нормі 10 т/га гною. Проведення підживлень комплексними добривами сприяло формуванню значно вищої врожайності у досліді. Її збільшення до варіанту

фоновому внесення добрив склало 0,62–0,96 т/га для зерна та 0,50–0,77 т/га для соломи.

Мінімальну ефективність з-поміж комплексних добрив забезпечив органо-мінеральний комплекс HELPROST, дещо вищу – органічне добриво Українські гумати та вітамінний препарат БФ–3. Максимальну у досліді врожайність зерна і соломи одержали у варіанті з проведенням підживлень посівів пшениці озимої органо-мінеральним добривом Органік Д2–М. Вона перевищила неудобрений контроль у 2,4 раза, а фоновий варіант досліду – на 30,5 %.

Ефективну дію органо-мінерального добрива Органік Д2–М визначено і за вирощування інших сільськогосподарських культур, зокрема ячменю ярого (Hamayunova & Kasatkina, 2019) та буряку

цукрового (Puznyak & Dvoretzkyi, 2017).

Оптимізація фону живлення рослин пшениці озимої дещо збільшувала вміст у зерні білка та сирієї клейковини (табл. 2). Мінімальними обидва показники якості визначені у зерні контрольного неудобреного варіанту дослідження. Основне внесення мінеральних добрив, заробка сидерату та внесення гною забезпечили їх збільшення, відповідно, на 0,2 і 0,6 %. За проведення підживлень посівів пшениці озимої вміст білка в зерні виявився максимальним і становив 12,5 %,

що на 0,3 % більше порівняно з контролем і на 0,1 % більше від фонового варіанту дослідження. Різниця за дією комплексних добрив на даний показник виявлено не було. Аналогічно різниця між варіантами удобрення не спостерігали і за вмістом у зерні сирієї клейковини. Даний показник переважав неудобрений контроль на 0,4–0,6 % з дещо вищими значеннями у фоновому варіанті дослідження та у варіантах проведення позакоренових підживлень добривами Органік Д2–М і БФ–3.

Таблиця 2. Біохімічні та фізичні показники зерна пшениці озимої залежно від фону живлення (середнє за 2016–2018 рр.)

Варіант удобрення	Вміст у зерні				Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
	білка		сирієї клейковини			
	%	± до контролю	%	± до контролю		
Без добрив (контроль)	12,2	–	23,0	–	38	724
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> , заробка сидерату, 10 т/га гною – фон	12,4	+0,2	23,6	+0,6	45	746
Фон, БФ–3	12,5	+0,3	23,6	+0,6	42	736
Фон, Helprost	12,5	+0,3	23,5	+0,5	45	744
Фон, Органік Д2–М	12,5	+0,3	23,6	+0,6	45	745
Фон, Українські гумати	12,5	+0,3	23,4	+0,4	45	745
НІР <sub>05</sub>	0,1–0,2		0,2–0,3		1,1–1,2	7,2–7,9

Дещо іншу закономірність між варіантами дослідження спостерігали за показниками умовного виходу білка і сирієї клейковини з гектару посіву пшениці озимої (рис. 1). Мінімальними вони визначені у неудобреному контрольному варіанті дослідження – 0,21 і 0,39 т/га, відповідно. Внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> із заробкою сидерату та збагаченням ґрунту органікою у нормі 10 т/га гною збільшило зазначені показники на 85,7 і 89,7 %. За проведення позакоренових підживлень комплексними добривами показники умовного виходу білка і сирієї клейковини були ще вищими. Найменшою дією у даному випадку характеризувався органо-мінеральний комплекс HELPROST, максимальною – комплексне добриво Органік Д2–М. Проведення позакоренових підживлень препаратом Органік Д2–М збільшило умовний вихід білка і сирієї клейковини з гектару посіву пшениці озимої на 30,8–31,1 % порівняно з фоновим варіантом удобрення і в 2,4–2,5 рази порівняно з неудобраним контролем.

Оптимізація фону живлення позитивно позначилась і на масі 1000 зерен. У контролі без добрив маса 1000 зерен склала 38 г, а у варіантах

удобрення – 42–45 г, тобто на 10,5–18,4 % була більшою. Проведення позакоренових підживлень по основному фону удобрення не позначилося на даному показникові, а за використання вітамінного комплексу БФ–3, навпаки, визначили зменшення маси 1000 зерен порівняно з фоновим варіантом удобрення.

Важливим показником якості зерна є його натура, яка залежить від багатьох факторів. Так, наприклад, зі збільшенням вологості зерна, його сипучість і щільність зменшуються, відповідним чином знижується і натура. Наявні органічні домішки послаблюють щільність укладення зерна і, як результат, знижують його натуру. Мінеральні домішки за впливом призводять до протилежної дії. Поверхня зернівок також позначається на натурі зерна. Якщо вона шорстка, зерно вкладається нещільно, його натура зменшується. Генетичні особливості, зокрема форма зернівок, також позначаються на натурній масі. Якщо зерно має округлу форму, воно щільно укладається, подовжені зернівки вкладаються менш щільно.

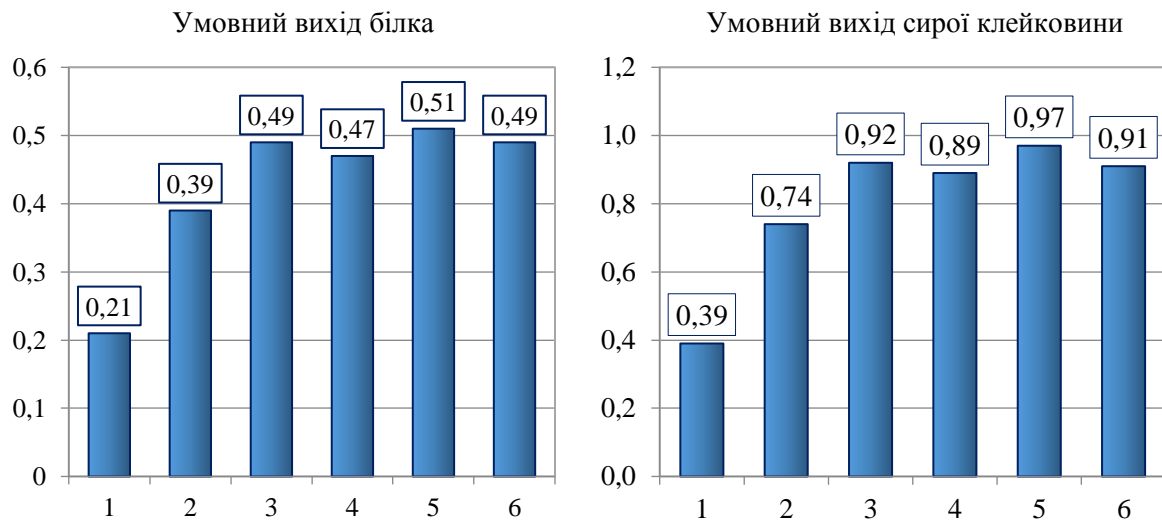


Рис. 1. Умовний вихід білка і сирової клейковини з гектару посіву пшениці озимої (середнє за 2016–2018 рр.), т/га

Примітки: 1 – Без добрив (контроль); 2 –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , заробка сидерату, 10 т/га гною – фон; 3 – Фон, БФ–3; 4 – Фон, Helprost; 5 – Фон, Органік Д2–М; 6 – Фон, Українські гумати

Як визначено результатами проведених нами досліджень, фон живлення також значною мірою впливає на натуру зерна (див. табл. 2). Мінімальною вона визначена у контрольному варіанті дослідження без внесення добрив – 724 г/л. У зерні, вирощеному на удобрених ділянках, натурна маса коливалась в межах 736–746 г/л або на 1,7–3,0 % була більшою. Найменшою мірою на даному фізичному показнику якості зерна позначилося проведення позакореневих підживлень добривом БФ–3, суттєвої різниці між іншими варіантами удобрення не спостерігали.

### Висновки

1. Оптимізація фону живлення у середньому за роки досліджень сприяла підвищенню врожайності зерна пшениці озимої на 1,45–2,41 т/га, соломи – на 1,16–1,93 т/га. За рахунок проведення позакореневих підживлень комплексними добривами додатково сформовано 0,62–0,96 і 0,50–0,77 т/га, відповідно. Максимальний рівень урожайності зерна і соломи у досліді забезпечило основне внесення мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , заробка сидерату, внесення гною у нормі 10 т/га та проведення двох позакореневих підживлень органіко-мінеральним добривом Органік Д2–М.

2. Вміст білка та сирової клейковини в зерні пшениці озимої в удобрених варіантах збільшився на 0,2–0,3 і 0,4–0,6 %, відповідно. Суттєвої різниці за біохімічними показниками

якості зерна між прийнятими на вивчення фонами живлення в досліді не встановили.

3. Умовний вихід білка і сирової клейковини з гектару посіву пшениці озимої за дії основного удобрення та проведення позакореневих підживлень зростає. Максимальні значення обох показників забезпечило застосування органіко-мінерального добрива Органік Д2–М – 0,51 і 0,97 т/га, відповідно, що в 2,4–2,5 рази більше порівняно з неудобреним контролем.

4. Маса 1000 зерен за оптимізації фону живлення порівняно з контролем зросла на 10,5–18,4 %. Проведення позакореневих підживлень комплексними добривами не вплинуло на даний показник, а у варіанті застосування БФ–3 навіть визначили його деяке зменшення порівняно з фоновим внесенням добрив.

5. Натура зерна, вирощеного в удобрених варіантах дослідження була на 1,7–3,0 % більшою порівняно з зерном неудобреного контролю. Найменшим чином на даному фізичному показнику якості позначився вітамінний комплекс БФ–3, суттєвої різниці між іншими варіантами удобрення не спостерігали.

### References

Barabolia, O. V., Barat, Yu. M., Kulyk, M. I. & Onopriienko, O. V. (2018). Urozhainist pshenytsi ozymoї zalezho vid systemy udobrennia ta pohodnykh umov vehetatsiinoho periodu [Crop capacity of winter wheat depending on fertilization

system and weather conditions of a vegetation period]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 3–19. doi: 10.31395/2310-0478-2018-21-3-9 [in Ukrainian].

Bohdan, M. M., Hulyayeva, H. B. & Patyka, V. P. (2017). Vplyv kompleksnoho dobryva fiziozhivlin + P na stan fotosyntetychnoho aparatu ta inshi fiziologichni pokaznyky pshenytsi myakoyi [Effect of complex fertilizers fiziozhivlin + P on state of photosynthetic apparatus and other physiological parameters of soft wheat]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 2 (41), 58–67. doi: <https://doi.org/10.35550/vbio2017.02.058> [in Ukrainian].

Dvoretzkyi, V. F., Hamaiunova, V. V. & Sydiakina, O. V. (2018). Vplyv fonu zhyvlennia ta peredposivnoho obroblennia nasinnia na nakopychennia nadzemnoi biomasy pshenytsi yaro na Pivdni Ukrainy [Influence of the background of nutrition and pre-sowing processing of seeds on the accumulation top biomass spring wheat in the South of Ukraine]. *Innovatsiini tekhnolohii v roslynnytstvi, materialy naukovoï internet-konferentsii* (pp. 67–69). Kamianets-Podilskyi [in Ukrainian].

Dibrova, A. D., Dibrova, L. V., Krylov, Ya. O. & Dibrova, M. A. (2016). Rozvytok mekhanizmu rehulyuvannya rynku pshenytsi v Ukraini [Development of wheat market regulation mechanism in Ukraine]. *Naukovyy visnyk NUBiP Ukrainy*, 244, 210–222 [in Ukrainian].

Hamayunova, V. V. & Kasatkina, T. O. (2019). Vplyv optymizatsiyi zhyvlennia yachmenyu yaro na formuvannya yakosti zerna v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Influence of spring barley nutrition optimization on grain quality formation in the Southern Steppe of Ukraine]. *Scientific horizons*, 10 (83), 3–12. doi: 10.33249/2663-2144-2019-83-10-3-12 [in Ukrainian].

Hamayunova, V. V. & Kasatkina, T. O. (2019). Formuvannya vrozhayu zerna yachmenyu yaro ta yoho struktury zalezno vid sortu i umov zhyvlennia v Pivdennomu Stepu Ukrainy [Formation of spring barley grain yield and its structure depending on the variety and nutrition conditions in the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Roslynnytstvo, selektsiya i nasynnytstvo, plodoovochivnytstvo i zberihannya*, 2, 87–98. doi: 10.35550/ISSN2413-7642.2019.02.09 [in Ukrainian].

Hamayunova, V. V. & Panfilova, A. V. (2019). Okupnist sumisnoho vykorystannya dobryv ta

biopreparativ na pshenytsi ozymiy v Pivdennomu Stepu Ukrainy [Repayment of coupling fertilizers and foliar nutrition biopreparations on crops of winter wheat in the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi*, 1, 41–48. doi: 10.31210/visnyk2019.01.05 [in Ukrainian].

Hamayunova, V. V. & Smirnova, I. V. (2017). Vplyv mineralnykh dobryv na formuvannya pozhyvnoho rezhyumu gruntu pry vyroshchuvanni pshenytsi ozymoyi [Impact of fertilizers on formation of soil in winter wheat growing]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 2 (33), 49–52 [in Ukrainian].

Hasanova, I. I., Yerashova, M. V. & Pedash, O. O. (2019). Vplyv pidzhyvlennia azotom na urozhaynist i yakist zerna pshenytsi myakoyi v Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Influence of nitrogen top dressing on the yielding capacity and grain quality of soft winter wheat in the Northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury*, 3 (1), 77–82. doi: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0063> [in Ukrainian].

Hotskyy, Ya. H. & Stepanyuk A. R. (2019). Perevahy zastosuvannya hranulovanykh orhano-mineralnykh dobryv prolonhovanoyi diyi [Advantages of use of the granular organic-mineral slow release fertilizers]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy Kyivskyy politekhnichnyy instytut imeni Ihorya Sikorskoho. Ser. Khimichna inzheneriya, ekolohiya ta resursozberezhennia*, 1 (18), 61–67. doi: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171044> [in Ukrainian].

Ilchuk, M. M., Konoval, I. A., Baranovska, O. D. & Yevtushenko, V. D. (2019). Rozvytok rynku zerna v Ukraini ta yoho stabilizatsiya [Development of the grain market in Ukraine and its stabilization]. *Ekonomika APK*, 4, 29–38. doi: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201904029> [in Ukrainian].

Karabach, K. S. (2019). Urozhaynist ta pokaznyky yakosti pshenytsi ozymoyi zalezno vid system osnovnoho obrobitku gruntu ta udobrennya [Yield capacity and quality indicators of winter wheat depending on systems of basic treatment of soil and fertilizer]. *Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo*, 10 (3), 42–48. doi: <https://doi.org/10.31548/agr2019.03.042> [in Ukrainian].

Korniienko, I. M., Holovei, O. P., Lashkova, A. T., Kryvonos, O. S. & Zatsarenko, S. S. (2018). Doslidzhennia efektyvnosti zbahachennia gruntiv mikrobiologichnym dobryvom [Study of the effectiveness of soil enrichment with microbiological





UDC 633.13:632.954

## CONTROL OF WEED COMPONENT IN MAIZE CROPS WHEN APPLYING POSTEMERGENT HERBICIDES

O. Gurmanchuk<sup>1</sup>, N. Plotnytska<sup>1</sup>, O. Nevmerzhytska<sup>1</sup>, I. Pavliuk<sup>1</sup>, T. Tymoshchuk<sup>1</sup>, L. Bondareva<sup>2</sup>

Article info

Received  
19.05.2020

Accepted  
24.06.2020

<sup>1</sup> Zhytomyr  
National  
Agroecological  
University  
7, Staryi Blvd,  
Zhytomyr,  
10008, Ukraine

<sup>2</sup> National  
University  
of Life and  
Environmental  
Sciences  
of Ukraine  
15, Heroyiv  
Oborony Str.,  
Kyiv,  
03041, Ukraine

E-mail:  
[gurmanchuka@gmail.com](mailto:gurmanchuka@gmail.com);  
[plotnat@ukr.net](mailto:plotnat@ukr.net)

*Gurmanchuk, O., Plotnytska, N., Nevmerzhytska, O., Pavliuk, I., Tymoshchuk, T., Bondareva, L. (2020). Control of weed component in maize crops when applying postemergent herbicides. Scientific Horizons, 07 (92), 53–58. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-53-58.*

Obtaining high and stable yields of corn is possible only under conditions of maintaining a cultivation technology as well as a complex system of protection against pests. This system is based on the protection of maize crops against weeds, as this crop is considered to be one of the weakest, competing with weeds, in agrophytocenosis. The peculiarities of maize crops protection against the most common types of weeds should be based on the knowledge of their species composition, taking into account the specific soil and climatic conditions of the crop cultivation.

The article investigates into the effectiveness of certain postemergent herbicides and their tank mixtures applied on maize crops and aimed at reducing the presence of weeds as well as improving the yield indices. The study was conducted on low-fertile sandy soils of Polissia. The presence and number of weeds in maize crops were monitored. It was ascertained that monocotyledonous weed species, namely *Setaria pumila*, *Echinochloa crus-galli*, and *Elymus repens* were slightly prevalent in the agrophytocenosis of maize. Dicotyledonous species were presented by *Chenopodium album*, *Amaranthus*, and *Persicaria lapathifoliana*.

The separate application of herbicides Titus (water-soluble granules) and Prima (suspension emulsion) resulted in effectiveness of weed reduction at 56.1 % and 47.5 %, respectively. The study of tank mixtures of analogous agents showed a notably higher efficiency. The highest index of technical efficiency amounted to 92.5 % before the weed control was obtained in the experiment with the norms of the examined preparations 0.05 kg/ha and 0.4 l/ha. The yield indices in this variant were also the highest and amounted to 5.7 t/ha, which is 3.0 t/ha more compared to the weed control. In case of manual weeding, the number of weeds was slightly higher compared to the better variant of the tank mixture under study. The yield index in this version of the experiment was 5.3 t/ha.

**Key words:** maize, herbicide, weed, yield, tank mixture, agent, agrophytocenosis.

## КОНТРОЛЮВАННЯ БУР'ЯНОВОГО КОМПОНЕНТУ У ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ СТРАХОВИХ ГЕРБІЦИДІВ

О. В. Гурманчук<sup>1</sup>, Н. М. Плотницька<sup>1</sup>, О. М. Невмержицька<sup>1</sup>,  
І. О. Павлюк<sup>1</sup>, Т. М. Тимощук<sup>1</sup>, Л. М. Бондарева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Житомирський національний агроєкологічний університет  
бульвар Старий, 7, Житомир, Україна, 10008

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Отримання високих і стабільних урожаїв кукурудзи можливе лише за умови дотримання технології вирощування та комплексної системи захисту від шкідливих організмів. У її основу входить

захист посівів кукурудзи від бур'янів, оскільки ця культура відноситься до найбільш слабких за конкуренцією з бур'янами у агрофітоценозах. Особливості захисту посівів кукурудзи від найбільш поширених видів бур'янів мають ґрунтуватися на знанні їх видового складу із обов'язковим врахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури.

У статті досліджено ефективність використання окремих післясходових гербіцидів і їх бакових сумішей у посівах кукурудзи щодо зменшення присутності бур'янового компоненту і покращення показників урожайності. Дослідження проведено на малородючих супіщаних ґрунтах Полісся. Проведено моніторинг присутності та чисельності бур'янів у посівах кукурудзи. Встановлено, що в незначній мірі в агрофітоценозі кукурудзи переважали однодольні види бур'янів, зокрема мишій сизий, півняче просо, пирій повзучий. З дводольних видів найчастіше зустрічалися лобода біла, щиріця звичайна, гірчак шорсткий.

У результаті застосування гербіцидів Тітус, в.г. і Пріма, с.е. окремо, отримано ефективність зменшення бур'янового компоненту на рівні 56,1, і 47,5 %, відповідно. При вивченні бакових сумішей аналогічних препаратів встановлено значно вищу їх ефективність. У варіанті досліді з нормами досліджуваних препаратів 0,05 кг/га і 0,4 л/га отримано найвищий показник технічної ефективності, що становив 92,5 % до забур'яненого контролю. Показники урожайності в цьому варіанті також були найвищими і становили 5,7 т/га, що на 3,0 т/га більше, порівняно із забур'яненим контролем. У варіанті досліді з ручним прополюванням чисельність бур'янів була дещо більшою у порівнянні з кращим варіантом досліджуваної бакової суміші. Показник урожайності у цьому варіанті досліді становив 5,3 т/га.

**Ключові слова:** кукурудза, гербіцид, бур'ян, урожайність, бакова суміш, препарат, агрофітоценоз.

### **Вступ**

З-поміж усіх польових культур кукурудза є однією із найбільш рентабельних. За останнє десятиліття посівні площі кукурудзи в нашій країні зросли приблизно на 40 % і становлять понад 4,5 млн га. Головною причиною збільшення площ посівів та зростання показників рентабельності її вирощування є висока урожайність. Протягом останніх десяти років середні показники урожайності кукурудзи в Україні зросли з 3,90 т/га до 5,37 т/га, хоча значна частина агропідприємств, які займаються вирощуванням цієї культури, отримують врожаї на рівні 100 і більше центнерів з одного гектара площі (Vozhegova & Bielov, 2019; Zymarioieva, 2019).

Отримання високих і стабільних урожаїв кукурудзи можливе лише за умови дотримання технології вирощування та комплексної системи захисту від шкідливих організмів. У її основу входить захист посівів кукурудзи від бур'янів, оскільки ця культура відноситься до найбільш слабких за конкуренцією з бур'янами у агрофітоценозах. Кукурудза пригнічує їх у десять разів гірше за пшеницю озиму і, у тричі слабше, ніж посіви соняшнику. Оскільки ця культура має невисокі темпи росту на перших етапах органогенезу і висівається ширококорядно, у такому випадку з'являється вільне місце для росту

бур'янів, тобто – «вільна екологічна ніша», яка, з часом, заповнюється бур'янами. Втрати урожаю кукурудзи, за умов недостатнього регулювання чисельності бур'янового компоненту або за його відсутності, можуть сягати 30 і більше відсотків (Pashchenko et al., 2009; Taran et al., 2018; Kohan & Gluschenko, 2019).

Присутність тих чи інших видів бур'янів у посівах кукурудзи обумовлена, в першу чергу, особливостями її вирощування. Традиційно цю культуру вирощують ширококорядним способом з міжряддями 70 см, хоча деякі господарства практикують інші схеми посадки, зокрема суцільні посіви тощо (Kalenska & Taran, 2014; Bomba & Bomba, 2019).

Щодо видового складу бур'янів у посівах кукурудзи, то він залежить від багатьох чинників, основними з яких є умови і технологія вирощування культури. У посівах кукурудзи практично не зустрічаються зимуючі й озимі види бур'янів, тому що вони майже повністю знищуються при проведенні передпосівної культивуації. Дуже рідко можна зустріти й ранні ярі види бур'янів, тому що посів кукурудзи здійснюють у прогрітій ґрунт, і час на їх проростання вичерпано. А тому видовий склад бур'янового компоненту агроценозу кукурудзи представлений переважно ярими видами (Tsyikov, 2003; Vozhegova & Bielov, 2019; Bomba & Bomba,

2019). Саме тому особливості захисту посівів кукурудзи від найбільш поширених видів бур'янів мають ґрунтуватися на знанні їх видового складу із обов'язковим врахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури.

За сучасної інтенсивної технології вирощування кукурудзи хімічний метод захисту від шкідливих організмів, у т. ч. і від бур'янів, є невід'ємним її елементом. Застосування гербіцидів на цій культурі є найефективнішим заходом контролю забур'яненості посівів, особливо у гербокритичний період кукурудзи (Tsyikov, 2003).

Асортимент препаратів, що представлені на ринку, для обмеження забур'яненості посівів кукурудзи є досить широким. З-поміж ґрунтових гербіцидів найбільшого застосування набули препарати на основі діючих речовин таких як ацетохлор, пропізохлор, метолахлор та інші. Більшість досходових гербіцидів контролюють основні однорічні злакові і дводольні бур'яни. Дія на багаторічні види бур'янів у таких препаратів обмежена. Позитивною стороною застосування ґрунтових гербіцидів є тривалий період їх захисної дії, який, за сприятливих погодних умов, може становити 30–50 діб, що створює оптимальні умови для росту кукурудзи на початкових етапах органогенезу. До недоліків застосування ґрунтових гербіцидів, зокрема на посівах кукурудзи, можна віднести сильні, тривалі опади, що здатні промивати діючі речовини препаратів у нижчі шари ґрунту або ж змивати їх із поверхні ґрунту, що значно знижує їх ефективність, або навпаки – сильна засуха, яка призупиняє їх дію на сході бур'янів. Досходові гербіциди у більшості випадків застосовують великі компанії зі значними посівними площами цієї культури, що дає змогу краще розподілити зайнятість обприскувачів господарства (Kramarov et al., 2008; Pashchenko et al., 2009).

Післясходове застосування страхових гербіцидів на посівах кукурудзи має низку переваг перед ґрунтовими. До них можна віднести: вибір оптимального препарату або їх комбінації залежно від видового складу бур'янів; використання гербіцидів у оптимальні строки для знищення бур'янів і у допустимі для культури; здатність контролювати багаторічні як злакові, так і широколисті бур'яни; за умови недостатньої ефективності застосування ґрунтових гербіцидів, бур'яни можна знищити за допомогою страхових

(Tsyikov, 2003; Kramarov et al., 2008).

Важливою умовою застосування післясходових гербіцидів у посівах кукурудзи є дотримання строків їх внесення, норми витрати препаратів, використання перевірених бакових сумішей або попередня перевірка на сумісність діючих речовин. Найбільш оптимальною фазою розвитку рослин кукурудзи для застосування страхових гербіцидів є фаза 3–5 листків, допустимою, для деяких препаратів, вважається фаза від двох до восьми листків культури. Застосування гербіцидів у nereкомендовані терміни може призводити до зростання фітотоксичності препаратів (Kramarov et al., 2008). У зв'язку з цим, дослідження ефективності застосування гербіцидів та їх сумішей для регулювання рівня присутності бур'янового компонента у посівах кукурудзи є актуальним питанням та потребує подальшого вивчення.

### **Матеріали та методи досліджень**

Мета наших досліджень полягала у дослідженні ефективності страхових гербіцидів та їх сумішей в агроценозі кукурудзи в умовах Полісся України.

Польові дослідження проводили впродовж 2017–2019 рр. в умовах СФГ «Обрій» Лугинського району Житомирської області. Ґрунти господарства дерново-підзолисті, супіщані, характеризуються такими показниками: гумусу (за Тюрніним і Кононовою) – 1,15–1,24 %, азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом) – 58–68 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Чириковим) – 109–171 мг/кг ґрунту, обмінного калію (за Чириковим) – 77–105 мг/кг ґрунту, рН<sub>сол</sub> – 5,8–6,3. Технологія вирощування кукурудзи рекомендована для зони Полісся: лущення стерні після збору попередника (озима пшениця), осіння оранка на глибину 20–22 см, весняне закриття вологи, передпосівна культивування, посів. Для проведення досліджень висівали ранньостиглий гібрид кукурудзи фірми Pioneer П7709 з ФАО 190. Видовий склад бур'янового компоненту агроценозу кукурудзи визначали з використанням атласів та довідників (Veselovsky et al., 1988).

Схема досліду включала наступні варіанти:  
1. Контроль забур'янений (обробка водою);  
2. Контроль господарський (ручне прополювання);  
3. Тітус, в.г. (д. р. римсульфурон – 250 г/кг) – 0,05 кг/га;  
4. Пріма, с.е. (д. р. флорасулам 6,25 г/л + 2-етилгексилловий ефір 2,4-Д 452,5 г/л), 0,5 л/га;

5. Тітус, в.г., 0,04 кг/га + Пріма, с.е., 0,5 л/га;  
6. Тітус, в.г., 0,05 кг/га + Пріма, с.е., 0,4 л/га.  
Гербіциди вносили у фазу 3–5 листків у культури за допомогою навісного обприскувача ОГН 600. Обліки забур'яненості посівів проводили трічі: перший – перед застосуванням гербіцидів; другий – на 30 день після внесення; третій – перед збиранням урожаю. Розмір дослідної ділянки 200 м<sup>2</sup>. Повторність досліду триразова (Tribel, 2001). Математичну обробку отриманих результатів проводили методом дисперсійного аналізу згідно з методикою Б. О. Доспехова (Dospheov, 1985).

### Результати досліджень та обговорення

Дослідження щодо визначення видового та кількісного складу бур'янового компоненту агрофітоценозу кукурудзи проведено в умовах СФГ «Обрій» Лугинського району Житомирської області. Встановлено, що у посівах кукурудзи переважали однодольні види бур'янів, частка яких у загальній структурі забур'яненості становила 54,7 %.

В умовах проведення досліджень переважали такі види злакових бур'янів: мишій сизий (*Setaria glauca* L.), півняче просо (*Echinochloa crus-galli* L.), пирій повзучий (*Elytrigia repens* L.). Серед

дводольних, домінуючими видами були: *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L. та *Polygonum scabrum* Moench (рис. 1).

Для отримання високих урожаїв кукурудзи на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся одним з ключових технологічних прийомів є якісний контроль у її посівах бур'янового компоненту. Оскільки, на дослідних ділянках були присутні злакові і дводольні бур'яни, що є характерним для даного регіону в цілому, нами проведено дослідження щодо визначення ефективності страхових гербіцидів як ланки для комплексного вирішення проблеми забур'яненості. Встановлено, що початкова забур'яненість дослідних ділянок перед застосуванням досліджуваних препаратів була на рівні 49,3–52,4 шт./м<sup>2</sup> (табл. 1).

У результаті проведених досліджень встановлено, що за використання кожного з досліджуваних гербіцидів окремо, отримати високий рівень контролю забур'яненості у агрофітоценозі кукурудзи практично неможливо. Технічна ефективність застосування препарату Тітус, в.г. з нормою витрати 0,05 кг/га, становила 56,1 %, а препарату Пріма, с.е. з нормою витрати 0,5 л/га – 47,5 %.

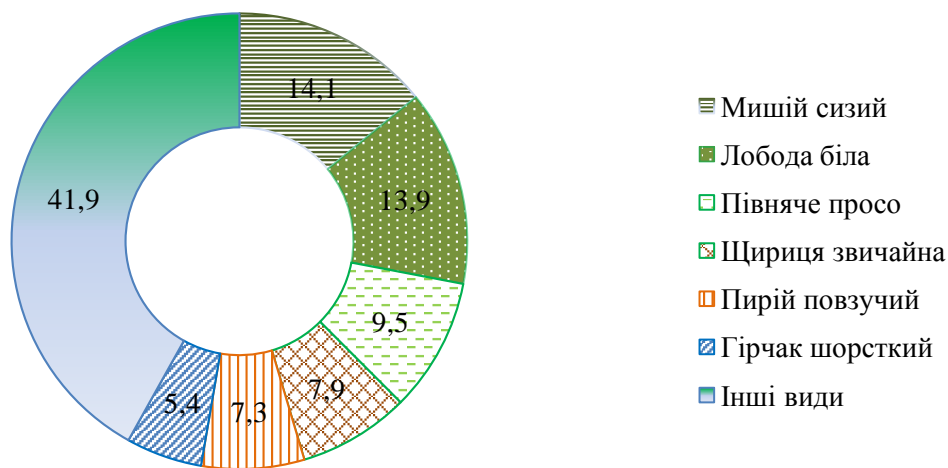


Рис. 1. Структура забур'яненості агрофітоценозу кукурудзи, середнє за 2017–2019 рр.

Застосування сумішей препаратів сприяло зменшенню бур'янового компонента, а технічна ефективність їх застосування становила 89,6 та 92,5 %, що перевищує показники по інших варіантах досліду. Використання сумішей досліджуваних препаратів дозволило знизити чисельність бур'янів, порівняно із ручним прополюванням. Найкращим варіантом досліду є

застосування бакової суміші препаратів Тітус, в.г., 0,05 кг/га + Пріма, с.е., 0,4 л/га, що забезпечило зменшення початкової чисельності бур'янів з 50,5 до 3,8 шт./м<sup>2</sup> на 30 добу після застосування препаратів. Перед збиранням урожаю кукурудзи у цьому варіанті досліду також було відмічено найменшу кількість бур'янів, що становила 7,7 шт./м<sup>2</sup>.

Таблиця 1. Вплив гербіцидів на забур'яненість посівів кукурудзи, середнє за 2017–2019 рр.

Варіант дослідю	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>			Технічна ефективність, %
	до обробки	через 30 днів після обробки	перед збиранням врожаю	
Контроль забур'янений (обробка водою)	52,4	57,2	64,7	–
Контроль господарський (ручне прополювання)	50,1	6,7	12,0	86,6
Тітус, в.г., 0,05 кг/га	49,7	21,8	26,8	56,1
Пріма, с.е., 0,5 л/га	52,0	27,3	30,1	47,5
Тітус, в.г., 0,04 кг/га + Пріма, с.е., 0,5 л/га	49,2	5,1	9,3	89,6
Тітус, в.г., 0,05 кг/га + Пріма, с.е., 0,4 л/га	50,5	3,8	7,7	92,5
НІР <sub>05</sub>	0,11	0,03	0,02	–

Зменшення присутності бур'янового компоненту у посівах кукурудзи також позитивно позначилося і на показниках рівня урожайності культури (табл. 2). По усіх варіантах дослідю було відмічено приріст урожаю, порівняно із варіантом без застосування препаратів. Нами також

встановлено, що ручне прополювання посівів кукурудзи позитивно впливає не лише на зниження чисельності бур'янів, але й сприяє збереженню 2,6 т/га урожаю зерна кукурудзи, порівняно із забур'яненим контролем.

Таблиця 2. Урожайність кукурудзи за застосування гербіцидів, середнє за 2017–2019 рр.

Варіант дослідю	Норма витрати препарату, л/га, кг/га	Урожайність, т/га	Збережений урожай	
			т/га	% до забур'яненого контролю
Контроль забур'янений (обробка водою)	–	2,7	–	–
Контроль господарський (ручне прополювання)	–	5,3	2,6	96,3
Тітус, в.г.	0,05	4,6	1,9	70,4
Пріма, с.е.	0,5	4,2	1,5	55,6
Тітус, в.г. + Пріма, с.е.	0,04+0,5	5,4	2,7	100,0
Тітус, в.г. + Пріма, с.е.	0,05+0,4	5,7	3,0	111,1
НІР <sub>05</sub>	–	0,03	0,01	–

При вивченні ефективності застосування гербіцидів у посівах кукурудзи нами встановлено, що обробка посівів препаратами Тітус, в.г. та Пріма, с.е. дозволяє отримати приріст урожаю зерна у межах 1,9–1,5 т/га, порівняно із забур'яненим контролем. Найвищу ефективність у зниженні чисельності бур'янового компоненту

і, відповідно, збереження урожаю на рівні 2,7–3,0 т/га, отримано у варіантах із використанням бакових сумішей. Застосування суміші гербіцидів Тітус, в.г., 0,05 кг/га + Пріма, с.е., 0,4 л/га сприяло максимальному збереженню урожаю зерна кукурудзи на рівні 3,0 т/га.

### Висновки

1. У структурі бур'янового компоненту агрофітоценозу кукурудзи в умовах Полісся України переважають злакові види бур'янів, частка яких становить 54,7 %.

2. Найвищий показник технічної ефективності у регулюванні чисельності бур'янів у посівах кукурудзи, що становить 92,5 %, отримано у варіанті із застосуванням бакової суміші препаратів Тітус, в.г., 0,05 кг/га + Пріма, с.е., 0,4 л/га.

3. Застосування у посівах кукурудзи гербіцидів та їх сумішей сприяє збільшенню урожайності зерна на 1,5–3,0 т/га, порівняно із забур'яненням контролем.

### References

Bomba, M. Ya. & Bomba, M. I. (2019). Buriany v ahrofitotsenozakh ta ekolohizatsiia zakhodiv shchodo kontroliuvannya yikh chyselnosti [Weeds in agrophytocenoses and greening measures to control their numbers]. *Visnyk Umanskooho natsionalnoho universytetu*, 1, 15–20. doi: 10.31395/2310-0478-2019-1-15-20 [in Ukrainian].

Dospehov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyita (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methods of field experience (with basics of statistical processing of research results)]. Moskva : Agropromizdat [in Ukrainian].

Kalenska, S. M. & Taran, V. A. (2014). Indeks urozhaynosti gibrydiv kukurudzy zalezghno vid gustoty stoyannya roslin, norm dobriv ta pogodnih umov viroschuvannya [Yield index of maize hybrids depending on plant density, fertilizer rates and weather conditions]. *Plant Varieties Studying and protection*, 14 (4), 141–149. doi: 10.21498/2518-1017.13.2.2017.105395 [in Ukrainian].

Kohan, A. V. & Gluschenko, L. D. (2019). Produktivnist sortiv i hibrydiv kukurudzy za riznykh system udobrennia ta bezzminnoho yikh vyroshchuvannya [Productivity of corn varieties and hybrids under different fertilizer systems and their constant cultivation]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 10, 18–23. doi: 10.31073/agrovisnyk201910-03 [in

Ukrainian].

Kramarov, S. M., Pisarenko, P. V. & Shevchenko, M. S. (2008). Efektyvnist herbicydiv v ahrotsenozakh kukurudzy [Efficacy of herbicides in corn agrocenoses]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 5–12 [in Ukrainian].

Pashchenko, Yu. M., Borysov, V. M. & Shyshkina, Yu. O. (2009). Adaptivni i resursozberezhni tekhnolohii vyroshchuvannya hibrydiv kukurudzy [Adaptive and resource-saving technologies for growing corn hybrids]. Dnipro : Art-pres [in Ukrainian].

Taran, V. H., Kalenska, S. M. & Novytska, N. V. (2018). Stablnist ta plastychnist hibrydiv kukurudzy zalezghno vid systemy udobrennia ta hustoty stoiannia roslin v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Stability and plasticity of maize hybrids depending on fertilizer system and plant density in the Right-bank Forest Steppe of Ukraine]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya*, 10 (3–4), 147–156. doi: 10.31548/bio2018.03.019 [in Ukrainian].

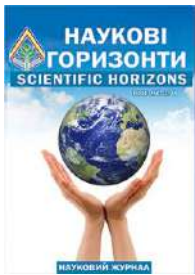
Trybel, S. O. (Ed). (2001). Metodyka vyprovuvannya i zastosuvannya pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]. Kyiv : Svit [in Ukrainian].

Tsykov, V. S. (2003). Kukuruza: tekhnologiya. gibrydy. semena [Maize: technology, hybrids, seeds]. Dnepropetrovsk: Zorya [in Russian].

Veselovsky, I. V., Lysenko, A. K. & Manko, Yu. P. (1988). Atlas-vyznachnyk burianiv [Atlas is a determinant of weeds]. Kyiv : Urozhai [in Ukrainian].

Vozhehova, R. A. & Bielov, Ya. V. (2019). Udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannya hibrydiv kukurudzy v umovakh zroshennia Pivdnia Ukrainy [Improvement of technology of cultivation of corn hybrids in conditions of irrigation of the South of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*, 2 (102), 41–48. doi:10.31521/2313-092X/2019-2(102) [in Ukrainian].

Zymarioieva, A. A. (2019). Prostorovo-chasovi zakonomirnosti variiuvannya urozhainosti kukurudzy v Ukraini [Spatio-temporal patterns of variation of corn yield in Ukraine]. *Scientific Horizons*, 2 (75), 58–66. doi: 10.33249/2663-2144-2019-75-2-58-66 [in Ukrainian].



UDC 619:616.99:595.421

## RODENTS AS A PERSISTENT SOURCE OF TICK-BORNE DISEASES

V. Levytska<sup>1</sup>, A. Mushynskiy<sup>1</sup>, A. Berezovskyi<sup>2</sup>

### Article info

Received  
11.05.2020

Accepted  
24.06.2020

<sup>1</sup> State Agrarian  
and Engineering  
University in  
Podilya  
13, Shevchenko  
Str., Kamianets-  
Podilskyi,  
32300, Ukraine

<sup>2</sup> Sumy National  
Agrarian  
University  
160, Gerasim  
Kondratiev,  
Sumy,  
40000, Ukraine

E-mail:  
[Levytska28@  
gmail.com](mailto:Levytska28@gmail.com)

*Levytska, V., Mushynskiy, A., Berezovskyi, A. (2020). Rodents as a persistent source of tick-borne diseases. Scientific Horizons, 07 (92), 59–64. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-59-64.*

Diseases transmitted by ticks usually have a very complex environment and their prevalence, frequency, seasonality and long-term dynamics are influenced by various factors. The aim of our study was to study the role of rodents in the life cycle of *I. ricinus*. The research was conducted in the forests of Khmelnytsky, Chernivtsi and Vinnytsia regions. In the forests of the three regions, nine plots measuring 100×100 m were selected. Traps were set for catching rodents in each plot. Caught rodents were examined for the presence of all stages of ticks. It was found that european mouse (*Sylvaeus sylvaticus*), yellow-breasted mouse (*Sylvimus flavicollis*) and field mouse (*Apodemus agrarius*) were found in all three regions.

A total of 159 rodents were caught in the experiment. Of these, 34 european mice, 49 yellow-breasted mice, 76 field mice, all were examined for ticks. The most affected was the european mouse, which lives not only in forests, but also in parks and gardens, floodplains and gardens. Ticks larvae were detected in 88.2 % of individuals. The average number of larvae detected in the european mouse was 16, which was significantly higher than the average number of larvae in the yellow-breasted mouse, which was 8. The yellow-breasted mouse was also infested with larvae in 73.5 %. The field mouse was the least affected, at 61.8 %, and the average number of larvae per individual was 4. Larvae and nymphs were mainly attached to the rodent's head, also to the body, and much less to the limbs. In populations of all rodents, a slight lesion predominated in most individuals. A maximum of 29 ticks were found in the european mouse, 18 in the yellow-breasted mouse, and 6 in the field mouse. It was found in the age dynamics that all young rodents were less infested than the older ones. It was also found that the intensity of males is 1.5 times higher than females for all species of rodents. The intensity of the invasion is highest in the summer months (July-August) and decreased slightly in autumn. Studies conducted in three areas allow us to characterize the role of three species of rodents as feeders of the preimaginal stages of development of *Ixodid* ticks and to note some features of the disease of each species.

**Key words:** *Ixodid* ticks, *Ixodes ricinus*, rodents, tick-borne diseases.

## МИШОПОДІБНІ ГРИЗУНИ ЯК ПЕРСИСТЕНТНЕ ДЖЕРЕЛО ТРАНСМІСИВНИХ ХВОРОБ

V. A. Левицька<sup>1</sup>, А. Б. Мушинський<sup>1</sup>, А. В. Березовський<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Подільський державний аграрно-технічний університет  
вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, 32300, Україна

<sup>2</sup>Сумський національний аграрний університет  
вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40000, Україна

Захворювання, що переносяться кліщами, зазвичай мають дуже складну екологію і на їх поширення, частоту, сезонність та багаторічну динаміку впливають різні чинники. На щільність

поширеності кліщів *I. ricinus* впливають різні фактори, серед яких найважливіше місце займає чисельність сприйнятливих господарів. Метою нашого дослідження було вивчення ролі гризунів в циклі розвитку *I. ricinus*. Дослідження проводили у лісових господарствах Хмельницької, Чернівецької та Вінницької областей. В лісах трьох областей було відібрано дев'ять ділянок розміром 100 × 100 м. На кожній ділянці було встановлено пастки для відлову гризунів. Виловлених гризунів досліджували на наявність всіх стадій кліщів *I. ricinus*.

Встановлено, що у всіх трьох областях у лісових господарствах було виявлено мишака європейського (*Sylvaemus sylvaticus*), мишака жовтогрудого (*Sylvimus flavicollis*) та мишу польову (*Apodemus agrarius*).

Всього в експерименті було спіймано 159 гризунів. З них мишака європейського – 34, мишака жовтогрудого – 49, миші польової – 76, всіх обстежено на наявність кліщів. Найбільше був уражений мишак європейський, який мешкає не лише у лісі, але і в садах та на городах, а також у парках. Личинки кліщів були виявлені у 88,2 % особин. Середня кількість личинок, виявлених на мишаку європейському, становила 16, що було значно вище, ніж середня кількість личинок на мишаку жовтогрудому, що становило 8. Мишак жовтогрудий також був інвазований кліщами у 73,5 %. Миша польова найменше була уражена, що становило 61,8 %, середня кількість кліщів на одній особині становила 4. Личинки та німфи в основному були прикріплені в області голови гризунів, також на тілі і значно менше на кінцівках. У популяціях всіх мишей переважало незначне ураження у більшості особин. Максимально у мишака європейського було виявлено 29 кліщів, у мишака жовтогрудого – 18, миші польової – 6. У віковій динаміці встановлено, що всі молоді особини гризунів інвазовані менше, ніж старші. Також встановлено, що інтенсивність ураження самців у 1,5 раза вище, ніж самок для всіх видів гризунів. Інтенсивність інвазії найвища у літні місяці (липень–серпень) і децю знижувалася восени. Дослідження, проведені в трьох областях, дозволяють охарактеризувати роль трьох масових видів гризунів як жителів преімагінальних стадій розвитку іксодових кліщів і відзначити деякі особливості ураженості кожного виду.

**Ключові слова:** іксодові кліщі, *Ixodes ricinus*, гризуни, трансмісивні хвороби.

## Вступ

Гризуни – одні з найважливіших господарів, які підтримують цикл розвитку певних видів іксодових кліщів у Центральній та Східній Європі та вирішальний фактор у формуванні динаміки популяції *I. ricinus*. Просторова та часова синхронія гризунів помірних регіонів з паразитуванням преімагінальних стадій розвитку *I. ricinus* створюють оптимальні умови не тільки для розвитку великої кількості кліщів, але і для передачі збудників важливих захворювань. Це робить деякі види гризунів ключовими гравцями щорічного циклу таких важливих захворювань, як бореліоз та вірусний енцефаліт.

Захворювання, що переносяться кліщами, зазвичай мають дуже складну екологію і на їх поширення, частоту, сезонність та багаторічну динаміку впливають різні чинники. Порівняно з іншими членистоногими гематофагами, іксодові кліщі мають особливу біологію, оскільки живляться лише одним шляхом. Оскільки більшість іксодових кліщів протягом життєвого циклу використовують трьох господарів, це означає, що під час певної стадії розвитку кожен окремих кліщ буде жити на трьох окремих

господарях. Отже, контакт між потенційним переносником-кліщем та сприйнятливим господарем (резервуарним) обмежений максимум трьома на покоління. Як наслідок, кожен набутий збудник передається наступному господареві на наступній стадії розвитку кліща. Отже, необхідною умовою для передачі збудників у іксодових кліщів є трансстадіальне забезпечення передачі або трансваріальна передача збудника (Randolph et al., 2004).

З медичної та ветеринарної точок зору, збудники трансмісивних хвороб особливо важливі, оскільки вони викликають захворювання у людей. Однак не всі відомі збудники хвороб, що переносяться кліщами, є небезпечними для людини. Це не означає, що вони не становлять загрози для людини, однак певні екологічні фактори обмежують можливість передачі їх людині. В деяких країнах світу кількість кліщів, зафіксованих на людині, може бути дуже високою, однак, таких видів кліщів існує досить мало (Estrada-Peña & Jongejan, 1999; Dantas-Torres et al., 2012). У Центральній та Східній Європі *Ixodes ricinus* є домінуючим видом кліщів, який уражує людей, тварин, птахів та гризунів у

лісовому середовищі і має понад 300 видів господарів (*Roczeń-Karczmarz et al.*, 2018; *Левицька та Мушинський*, 2020). Однак значення цих господарів у поширенні кліщових захворювань неоднакове і залежить від певних факторів: чисельності господарів під час піків активності кліщів; доступності господаря для живлення кліщів; можливості окремого господаря одночасно бути живителем для різних стадій розвитку (личинки, німфи); здатності господарів підтримувати та передавати збудників кліщам; здатності господаря одночасно передавати кілька патогенів кліщам.

На щільність поширеності кліщів *I. ricinus* впливають різні фактори, серед яких найважливіше місце займає чисельність сприйнятливих господарів (*Randolph*, 2004). Крім того, рівень зараження певними збудниками кліщів залежить від резервуарних господарів. Гризуни є гарною епідеміологічною моделлю для вивчення екології хвороб. Через їх численність, доведено їх роль як резервуарних господарів важливих патогенів людини і тварин та як господарів для кліщів. Отже, метою нашого дослідження було вивчення ролі гризунів в циклі розвитку *I. ricinus*. Екологія популяції та розповсюдження деяких видів гризунів тісно пов'язані з епізоотологічною ситуацією серед тварин та епідеміологічною ситуацією серед людей.

### Матеріали та методи

Дослідження проводили протягом 2018–2019 рр. у лісових господарствах Хмельницької, Чернівецької та Вінницької областей. В усіх лісах переважали листяно-хвойні породи дерев, а також зареєстровано різноманітні види ссавців та птахів. Облік та дослідження гризунів проводили за двома напрямками – облік видового складу та чисельності, водночас враховували вік та стать. Для порівняння даних про рясноту виду і для збору масового матеріалу, використовували загальноприйняті підходи до обліку гризунів. Варто відзначити, що в дослідженні використовували живоловки, що дозволяли зберегти тварин живими. У подальшому, після ідентифікації та опрацювання (огляду, підрахунку, визначення статі та віку) тварини були відпущені на волю. Зібраний при обліках матеріал був опрацьований за ключами (*Zahorodniuk*, 2002).

В лісових господарствах трьох областей було відібрано дев'ять ділянок розміром 100×100 м.

Пастки з приманкою виставляли у лінію по 20 штук. Таку лінію закладали в межах однорідної місцевості, витримуючи між суміжними пастками відстань 5 м. Пастки експонували 2 доби у період вечірньої та ранкової активності гризунів, а саме від раннього вечора до наступного півдня. Обстеження пасток на наявність гризунів проводили після сходу сонця – один раз на добу. Для збільшення щільності гризунів на всіх ділянках розташовували принади. Виловлених гризунів досліджували на наявність всіх стадій кліщів *I. ricinus*. Період зборів – з вересня 2018 по вересень 2019 року для дослідження залежності між температурою та початком активності кліщів і гризунів.

### Результати досліджень та обговорення

Встановлено, що у всіх трьох областях у лісових господарствах було виявлено мишака європейського (*Sylvaemus sylvaticus*), мишака жовтогрудого (*Sylvimus flavicollis*) та мишу польову (*Apodemus agrarius*).

Всього в експерименті було спіймано 159 гризунів. З них мишака європейського – 34, мишака жовтогрудого – 49, миші польової – 76, всіх обстежено на наявність кліщів. Найбільше був уражений мишак європейський, який мешкає не лише у лісі, але і в садах та на городах, а також у парках. Личинки і німфи кліщів *I. ricinus* були виявлені на 30 гризунах, що становить 88,2 % (табл. 1). Середня кількість личинок і німф, виявлених на мишаку європейському, становила 16, що було значно вище, ніж середня кількість личинок на мишаку жовтогрудому, що становило 8. Мишак жовтогрудий також був інвазований кліщами у 73,5 %, що становило 36 особин. Миша польова найменше була уражена – 47 особин, що становило 61,8 %, середня кількість кліщів на одній особині – 4. Личинки та німфи в основному були прикріплені в області голови гризунів, також на тілі і значно менше на кінцівках. У популяціях всіх мишей переважало незначне ураження у більшості особин. Максимально у мишака європейського було виявлено 29 кліщів, у мишака жовтогрудого – 18, миші польової – 6. У віковій динаміці встановлено, що всі молоді особини гризунів інвазовані менше, ніж старші. Також встановлено, що інтенсивність ураження самців у 1,5 раза вище, ніж самок для всіх видів гризунів. Інтенсивність інвазії найвища у літні місяці (липень–серпень) і дещо знижувалася восени.

Таблиця 1. Мишоподібні гризуни Хмельницької, Чернівецької та Вінницької областей та ступінь їх ураження незрілими формами іксодових кліщів

Вид гризунів	Виловлено гризунів, особин	Уражено личинками і німфами кліщів <i>I. ricinus</i> (самок/самців)	Екстенсивність інвазії (%)
<i>Sylvaemus sylvaticus</i>	34	30 (12/18)	88,2
<i>Sylvimus flavicollis</i>	49	36 (14/22)	73,5
<i>Apodemus agrarius</i>	76	47 (19/28)	61,8
Всього	159	113 (45/68)	71,1

Дослідження, проведені в трьох областях, дозволяють охарактеризувати роль трьох масових видів гризунів як живителів преімагінальних стадій розвитку іксодових кліщів і відзначити деякі особливості ураженості кожного виду. Гризуни в помірних географічних регіонах демонструють циклічне коливання популяції, яке зазвичай має щорічні цикли (на відміну від багаторічних циклів гризунів у помірно-прохолодних регіонах), водночас більшість видів у центральноєвропейському регіоні досягають максимуму популяції наприкінці літа або на початку осені (Krebs, 2013). Цей пік корелює з піком щільності преімагінальних стадій кліщів *I. ricinus* і спостерігається в нашому дослідженні, а також в багатьох регіонах Європи. Більше того, це період високої активності більшості видів гризунів, тому вони переносять значну кількість проміжних стадій розвитку кліщів. Найменша кількість популяції гризунів спостерігається раною весною, що ми також спостерігали. В цей період, серед кліщів найбільша чисельність дорослих стадій, які не потребують проміжних господарів гризунів, але, як правило, паразитують на більших ссавцях (види, що не мають таких щорічних коливань популяції). Таким чином, відбувається синхронізація розвитку кліщів *I. ricinus* та густоти популяції гризунів, завдяки чому вони є оптимальними господарями для цього виду кліща (Randolph et al., 2002).

За різними даними встановлено, що чим більший господар, тим більший рівень ураженості паразитами. Цю кореляцію між залежністю від розміру та інтенсивністю паразитизму можна виявити як між господарями різних видів, так і між особинами одного і того ж виду. Причинні фактори – фізичні, поведінкові або імунологічні, які діють індивідуально або синергічно. Більш великі господарі (наприклад, олені, лисиці), які зазвичай переносять багато

кліщів, як правило, знаходяться в значно меншій щільності, ніж гризуни. З іншого боку, навіть якщо інтенсивність паразитизму кліщів у дрібних гризунів значно менша, їх чисельність це компенсує (Randolph, 2004). Отже, загалом невеликі та численні групи гризунів можуть забезпечити умови паразитування певним локальним популяціям кліщів, що було нами підтверджено.

Встановлено, що різні види гризунів можуть бути господарями для *I. ricinus* у Центральній та Східній Європі. Основний перелік господарів включає: *Muscardinus avellanarius*, *Mus musculus*, *Glis glis*, *Myodes glareolus*, *Arvicola amphibius*, *Apodemus flavicollis*, *A. agrarius*, *A. sylvaticus*, *A. flavicollis*, *A. uralensis*, *Cricetus cricetus*, *Dryomys nitedula*, *Chionomys nivalis*, *Eliomys quercinus*, *Micromys minutus*, *M. arvalis*, *M. tataricus*, *M. subterraneus*, *M. agrestis*, *Sciurus vulgaris*, *Rattus norvegicus* (Matuschka et al., 1991; Mihalca & Sandor, 2013; Pérez et al., 2012).

Однак за деякими дослідженнями встановлено, що певні види гризунів частіше є господарями для кліщів *I. ricinus*. У Німеччині серед найважливіших господарів личинок і німф є *A. flavicollis*, *A. agrarius* та *M. glareolus* (Matuschka, 1991). У Франції та Румунії основним господарем незрілих стадій був *M. arvalis* (L'Hostis et al., 1996; Mihalca et al., 2012). Встановлено, що *A. uralensis* та *A. sylvaticus* є важливими господарями для личинок та німф *I. ricinus* у Румунії. З іншого боку, хоча популяції деяких видів гризунів зазвичай в цілому або локально рясні (*M. musculus*, *M. spicilegus*, *R. norvegicus*), вони рідко переносять *I. ricinus*, і якщо їх і виявлять, то інтенсивність ураження зазвичай низька (Paulauskas et al., 2009; Mihalca et al., 2012). Ця закономірність може бути пов'язана з відмінностями в ареалах та активністю цих видів, оскільки деякі види *Mus* живуть

невеликими популяціями на відміну від більшості видів *Apodemus*, крім того у більшості *Microtus* піки щоденної активності співпадають з найбільш активними періодами збору кліщів (Randolph et al., 2002; Krebs, 2013).

Незважаючи на те, що ця кореляція піків активності кліщів із синхронною чисельністю популяцій гризунів є загальною тенденцією, спостерігаються видові специфічні відмінності, які можуть бути спричинені відмінностями в екології господарів. Виявлено, що певні господарі (тобто *A. agrarius*), як правило, сильніше уражені німфами *I. ricinus*, ніж інші (наприклад, *M. glareolus* або *A. flavicollis*) через синхронну кількість господарів-кліщів. Крім того, існує припущення, що влітку, коли питома чисельність гризунів локально низька, а кліщі ще активні, вони живляться на ящірках, які можуть впливати негативно на цикл передачі *B. burgdorferi s.l.*

Ще одним важливим фактором передачі збудників трансмісивних хвороб є співвідношення пікових активностей личинок і німф. Гризуни відіграють особливу роль, оскільки деякі види можуть бути живителями для обох стадій синхронно, що ми також спостерігали у нашому дослідженні і це підтверджено експериментально (Matuschka et al., 1991; Mihalca et al., 2012). Це має вирішальне значення для існування природного резервуара збудників, до прикладу вірусний кліщовий енцефаліт, збудник якого зберігається в організмі гризунів лише короткий час. Це явище рідко зустрічається серед м'ясоїдних або серед великих трав'яїдних тварин (Széll et al., 2006; Ruiz-Fons & Gilbert, 2010).

Після живлення кожна стадія розвитку кліща відкріплюється від господаря. Тим не менше, тривалість живлення та період існування відкріплених кліщів залежить від різних факторів, причому вид господаря є одним із найважливіших. Після укусу личинки спостерігається набута стійкість до кліщів *I. ricinus*, це було описано у виду *M. glareolus*. Це явище призводить до зменшення ваги та зниження виживання у німф. Це ж дослідження показало, що імунітет після укусу до кліщів *I. ricinus* відсутній у *A. flavicollis* (Dizij & Kurtenbach, 1995). Так само було встановлено, що *A. sylvaticus* виробляє значно нижчий набутий імунітет до *I. trianguliceps*, ніж лабораторні миші. Імунітет гризунів до кліщів також залежить від рівня статевих гормонів. У гризунів *M. glareolus* та *A. sylvaticus* з високим рівнем тестостерону

виявляли знижену вроджену та набуту стійкість до укусів *I. ricinus* (Hughes & Randolph, 2001). Однак іншим дослідженням не було виявлено різниці між статевою перевагою кліщів у двох видів гризунів *A. sylvaticus* та *M. glareolus* (Kiffner et al., 2011). Більше того, кілька експериментальних досліджень показали, що деякі види гризунів уражуються кліщами більше, ніж інші. Дослідженнями встановлено, що у випадку *B. burgdorferi s.l.*, вид *M. glareolus* виявився більш інвазованим кліщами, ніж *A. sylvaticus* (Pérez et al., 2012). Коли ураженість кліщами *I. ricinus* оцінювали за *B. afzelii*, вид гризунів *M. glareolus* також був більш ураженим, ніж *A. sylvaticus* та *A. flavicollis*. Коли два види гризунів з роду *Apodemus* (*A. flavicollis* та *A. sylvaticus*) порівнювали за їх зараженістю *B. burgdorferi s.l.* до *I. ricinus*, суттєвих відмінностей не було виявлено (Gern et al., 1994).

### Висновки

1. У Хмельницькій, Чернівецькій та Вінницькій областях у лісових господарствах було виявлено мишака європейського (*Sylvaemus sylvaticus*) – 34 особини, мишака жовтогрудого (*Sylvimus flavicollis*) – 49 та мишу польову (*Apodemus agrarius*) – 76. Всього в експерименті було спіймано 159 гризунів.

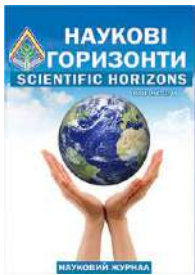
2. Найбільше був уражений мишак європейський – личинки і німфи кліщів *I. ricinus* були виявлені на 30 гризунах, що становить 88,2%. Мишак жовтогрудий також був інвазований кліщами у 73,5%, що становило 36 особин. Миша польова найменше була уражена – 47 особин, що становило 61,8%.

3. Максимально у мишака європейського було виявлено 29 кліщів, у мишака жовтогрудого – 18, миші польової – 6. У віковій динаміці встановлено, що всі молоді особини гризунів інвазовані менше, ніж старші. Також встановлено, що інтенсивність ураження самців у 1,5 раза вище, ніж самок для всіх видів гризунів. Інтенсивність інвазії найвища у літні місяці (липень–серпень) і дещо знижувалася восени.

### References

- Dantas-Torres, F., Chomel, B. B. & Otranto, D. (2012). Ticks and tick-borne diseases: a one health perspective. *Trends Parasitol.* 28, 437–446. doi: 10.1016/j.pt.2012.07.003.
- Dizij, A. & Kurtenbach, K. (1995). *Clethrionomys glareolus*, but not *Apodemus*

- flavicollis*, acquires resistance to *Ixodes ricinus* L., the main European vector of *Borrelia burgdorferi*. *Parasite Immunology*, 17, 177–183. doi: 10.1111/j.1365-3024.1995.tb00887.x.
- Estrada-Peña, A. & Jongejan, F. (1999). Ticks feeding on humans: a review of records on human-biting Ixodoidea with special reference to pathogen transmission. *Exp. Appl. Acarol.*, 23, 685–715. doi: 10.1023/A:1006241108739.
- Gern, L., Siegenthaler, M., Hu, C. M., Leuba-Garcia, S., Humair, P. F. & Moret, J. (1994). *Borrelia burgdorferi* in rodents (*Apodemus flavicollis* and *A. sylvaticus*): duration and enhancement of infectivity for *Ixodes ricinus* ticks. *Eur. J. Epidemiol.*, 10, 75–80. doi: 10.1007/BF01717456.
- Hughes, V. L. & Randolph, S. E. (2001). Testosterone depresses innate and acquired resistance to ticks in natural rodent hosts: a force for aggregated distributions of parasites. *J. Parasitol.*, 87, 49–54. doi: 10.1645/0022-3395(2001)087[0049:TDIAAR]2.0.CO;2.
- Kiffner, C., Vor, T., Hagedorn, P., Niedrig, M. & Rühle, F. (2011). Factors affecting patterns of tick parasitism on forest rodents in tick-borne encephalitis risk areas, Germany. *Parasitol. Res.*, 108, 323–335. doi: 10.1007/s00436-010-2065-x.
- Krebs, C. J. (2013). *Population Fluctuations in Rodents*. Chicago; London : University of Chicago Press. doi: 10.7208/chicago/9780226010496.001.0001.
- L'Hostis, M., Dumon, H., Fusade, A., Lazareff, S. & Gorenflot, A. (1996). Seasonal incidence of *Ixodes ricinus* ticks (Acari: Ixodidae) on rodents in western France. *Exp. Appl. Acarol.*, 20, 359–368. doi: 10.1007/BF00130548.
- Levytska, V. A., Mushynskiy, A. B. & Berezovskyi, A. V. (2020). Vydovyi sklad iksodovykh klishchiv u Zakhidnomu rehioni Ukrainy [Species composition of *Ixodes* mites in the Western region of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii imeni S. Z. Gzhytskoho*, 22 (97), 187–193. doi: <https://doi.org/10.32718/nvlvet9730> [in Ukrainian].
- Matuschka, F. R., Fischer, P., Musgrave, K., Richter, D. & Spielman, A. (1991). Hosts on which nymphal *Ixodes ricinus* most abundantly feed. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 44, 100–107.
- Mihalca, A. D. & Sandor, A. D. (2013). The role of rodents in the ecology of *Ixodes ricinus* and associated pathogens in Central and Eastern Europe. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 3, 1–3.
- Mihalca, A. D., Gherman, C. M., Magdas, C., Dumitrache, M. O., Györke, A., Sándor, A. D. ... Cozma, V. (2012). *Ixodes ricinus* is the dominant questing tick in forest habitats from Romania: the results from a countrywide dragging campaign. *Exp. Appl. Acarol.*, 58, 175–182. doi: 10.1007/s10493-012-9568-3.
- Paulauskas, A., Radzijeuskaja, J., Rosef, O., Turcinaviciene, J. & Ambrasienė, D. (2009). Infestation of mice and voles with *Ixodes ricinus* ticks in Lithuania and Norway. *Est. J. Ecol.*, 58, 112–125. doi: 10.3176/eco.2009.2.05.
- Pérez, D., Kneubühler, Y., Rais, O. & Gern, L. (2012). Seasonality of *Ixodes ricinus* ticks on vegetation and on rodents and *Borrelia burgdorferi* sensu lato genospecies diversity in two Lyme borreliosis endemic areas in Switzerland. *Vector Borne Zoonotic Dis.*, 12, 633–644. doi: 10.1089/vbz.2011.0763.
- Randolph, S. E. (2004). Tick ecology: processes and patterns behind the epidemiological risk posed by ixodid ticks as vectors. *Parasitology*, 129, 37–65. doi: 10.1017/S0031182004004925.
- Randolph, S. E., Green, R. M., Hoodless, A. N. & Peacey, M. F. (2002). An empirical quantitative framework for the seasonal population dynamics of the tick *Ixodes ricinus*. *Int. J. Parasitol.*, 32, 979–989. doi: 10.1016/S0020-7519(02)00030-9.
- Roczeń-Karczmarz, M., Dudko, P., Demkowska-Kutrzepa, M., Meisner, M., Studzińska, M., Junkuszew, A. ... Tomczuk, K. (2018). Comparison of the occurrence of tick-borne diseases in ticks collected from vegetation and animals in the same area. *Medycyna Weterynaryjna*, 74, 484–488.
- Ruiz-Fons, F. & Gilbert, L. (2010). The role of deer as vehicles to move ticks, *Ixodes ricinus*, between contrasting habitats. *Int. J. Parasitol.*, 40, 1013–1020. doi: 10.1016/j.ijpara.2010.02.006.
- Széll, Z., Sréter-Lancz, Z., Márialigeti, K. & Sréter, T. (2006). Temporal distribution of *Ixodes ricinus*, *Dermacentor reticulatus* and *Haemaphysalis concinna* in Hungary. *Vet. Parasitol.*, 141, 377–379. doi: 10.1016/j.vetpar.2006.06.008.
- Zahorodniuk, I. V. (2002). Polovyĭ vyznachnyk dribnykh ssavtsiv Ukrayiny [Field determinant of small mammals of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].



UDC 630\*1:502.3 (477)

**DETERMINATION OF THE MAIN INDICATORS OF SPECIES DIVERSITY  
IN "DREVLANSKY" NATURE RESERVE'S FORESTS**

**L. Romanchuk, V. Ustymenko, P. Didenko, V. Badzian**

Article info

Received

15.05.2020

Accepted

24.06.2020

Zhytomyr  
National  
Agroecological  
University  
7, Saryi Blvd,  
Zhytomyr,  
10008, Ukraine

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

**Romanchuk, L., Ustymenko, V., Didenko, P., Badzian, V. (2020). Determination of the main indicators of species diversity in "Drevlyansky" nature reserve's forests. *Scientific Horizons*, 07 (92), 65–73. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-65-73.**

*The high level of natural ecosystems' biodiversity is the key to their sustainability. Conservation of species diversity is one of the key tasks of nature reserves. Achieving of this goal is impossible without high quality of monitoring. The results of species diversity monitoring of higher vascular plants of forest ecosystems with the type of habitat conditions – boreal forests, Drevlyansky Nature Reserve are presented in this article.*

*12 quarters of Narodytskyi and Rozsokhivskyi nature protection research departments of the Drevlyanskyi Nature Reserve were studied. According to the results of research, the species composition of higher vascular plants of boreal forests vegetation conditions were determined. A total of 26 species belonging to 17 families were identified, 24 genera, among which the most numerous are the families of heather, thin-legged, pink, bean, deaf nettle, bellflower and birch, characteristic of the forests of Narodytsky and Rozsokhiv NSD. Numerical accountings were performed, on the basis of which the dominant specie was determined – cranberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), the dominance index of which is 0.457. The general Margalef species diversity index, which is 2.85, the Simpson index – 0.741, the Shannon index – 1.72 and the equivalence index (Piel) – 05,84 for the studied forests. Certain indicators indicate low stability of these areas with the type of habitat conditions – boreal forests. Therefore, the prospect for further research is to continue monitoring of these areas, given their vulnerability and to study the patterns of dynamics of plant populations and develop measures to improve the effectiveness of measures to preserve species diversity in the nature reserve "Drevlyansky".*

**Key words:** species diversity, quantitative composition, vascular plants, natural reserve, index of dominance, measure of diversity.

**ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИДОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ БОРІВ  
ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «ДРЕВЛЯНСЬКИЙ»**

**Л. Д. Романчук, В. І. Устименко, П. В. Діденко, В. В. Бадзян**

Житомирський національний агроекологічний університет  
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

*Високий рівень видового різноманіття природних екосистем є запорукою їх стійкості. Збереження ж видового різноманіття є одним з ключових завдань діяльності природних заповідників. Виконання даного завдання неможливе без проведення якісного моніторингу. В даній статті наведені результати моніторингу видового різноманіття вищих судинних рослин лісових екосистем з типом умов місцезростання – бори, природного заповідника «Древлянський».*

Було досліджено 12 кварталів Народицького та Розсохівського природоохоронних науково-дослідних відділень природного заповідника «Древлянський». За результатами досліджень було визначено видовий склад вищих судинних рослин лісів з типом лісорослинних умов бори. Всього виявлено 26 видів які належать до 17 родин, 24 родів, серед яких найчисленнішими є родини вересові, тонконогі, розові, бобові, глухокропівові, дзвоникові та березові, характерних для борів Народицького та Розсохівського ПОНДВ. Проведено облік чисельних показників, на основі якого визначено домінуючий за чисельністю вид – брусниця (*Vaccinium vitis-idaea* L.), індекс домінування якої становить – 0,457. Визначено загальний індекс видового різноманіття Маргалефа, який становить 2,85, індекс Сімсона – 0,741, індекс Шеннона – 1,72 та індекс еквітабельності (Пієлу) – 0,584 для досліджуваних борів. Визначені показники свідчать про низьку стійкість даних ділянок з типом умов місцезростання – бори. Саме тому перспективою для подальших досліджень є продовження моніторингу на даних ділянках, враховуючи їх вразливість та з метою дослідження закономірностей динаміки рослинних популяцій і розробки заходів щодо підвищення ефективності заходів із збереження видового різноманіття природним заповідником «Древлянський».

**Ключові слова:** видове різноманіття, фіторізноманіття, індекс домінування, міра різноманітності, вищі судинні рослини, природний заповідник.

### Вступ

Зниження рівня біологічного різноманіття є однією з глобальних екологічних проблем. Зникнення видів рослин призводить до руйнування існуючих екологічних зв'язків та деградації природних угруповань, неспроможність їх до самопідтримання, що призводить до їх зникнення. Збереження різноманіття живих організмів на планеті є необхідною умовою для існування біосфери в цілому і людини, як біологічного виду, зокрема (Protasov, 2002).

За даними Міжнародної спілки охорони природи (IUCN), від 10 до 50 % добре вивчених вищих таксономічних груп знаходяться під загрозою зникнення. Для видового різноманіття території Європи ця проблема є ще гострішою. Значною є кількість видів, які ще не знаходяться під загрозою, але чисельність таких скорочується і вони можуть досить стрімко опинитися на межі вимирання. Україна, зокрема, належить до країн з дуже великими обсягами та високою інтенсивністю використання природних ресурсів. Згідно з даними п'ятого національного звіту України до конвенції про біологічне різноманіття займаючи близько 6 % площі Європи, Україна володіє приблизно 35 % її біорізноманіття.

Глобальні виклики сучасності зумовлюють необхідність вирішення завдань збереження систем (сукупностей) видів у їх просторовому розподілі – від типів екосистем глобального рівня до конкретних біогеоценозів і їх суміжних територіальних поєднань на локальному рівні (Nestoriak, 2010).

Враховуючи існуючу загрозу біорізноманіттю та постійно зростаючий рівень антропогенного навантаження особливо важливим елементом охорони біорізноманіття є об'єкти природно-заповідного фонду – діяльність на яких заради їхніх природних властивостей природо-користування та управління регламентується спеціальними нормативними актами, які визначають спеціальний режим природо-користування. Одним з типів об'єктів природно-заповідного фонду є Природні заповідники (далі ПЗ) України.

«Основними завданнями природних заповідників є збереження природних комплексів та об'єктів на їх території, проведення наукових досліджень і спостережень за станом навколишнього природного середовища, розробка на їх основі природоохоронних рекомендацій, поширення екологічних знань, сприяння у підготовці наукових кадрів і спеціалістів у галузі охорони навколишнього природного середовища та заповідної справи» («Про природно-заповідний фонд України» Закон України від 16.06.1992 № 2456-ХІІ).

ПЗ «Древлянський», на території якого проводилися дослідження є одним з 19-и діючих на території України природних заповідників. Більше 54 % площі заповідника складають лісові біоценози.

В контексті видового різноманіття лісові біоценози відіграють значну роль у формуванні цілісності та стабільності нашого майбутнього. Це особливо актуально, коли ми розглядаємо роль біорізноманіття для підтримки екосистемних послуг (Akira et al., 2016).

Детальне дослідження структури видового різноманіття лісів, як одного з найбільш поширених біоценозів, є надзвичайно важливим для формування ефективної політики збереження видового різноманіття даних природних комплексів (Bohn et al., 2017).

Наразі актуальними є дослідження фіто-різноманіття не лише лісів господарського призначення з метою підвищення стійкості та продуктивності даних деревостанів, а й лісів, в яких не проводяться жодні господарські заходи, як наприклад ліси природо-заповідного фонду (Chiara, 2018; Baran, 2018).

Для виконання державної екологічної політики у сфері збереження біорізноманіття, як одного з основних завдань природних заповідників важливим елементом є система моніторингу, яка затверджена відповідною постановою Кабінету Міністрів України. Згідно з чинним законодавством моніторинг стану біорізноманіття в Україні є складовою частиною моніторингу навколишнього природного середовища. Саме тому, наведенні в даній статті результати дослідження існуючого стану фіторізноманіття є необхідним елементом для якісного функціонування природного заповідника. Проведена комплексна оцінка, надасть змогу більш об'єктивно вирішувати завдання збереження біорізноманіття на екосистемному рівні.

### Матеріали і методи дослідження

ПЗ «Древлянський» знаходиться у Народицькому районі Житомирської області на південь та південний схід від смт Народичі, його площа складає 30872,84 га.

У природному заповіднику (далі ПЗ) «Древлянський» видове різноманіття лісів як окремих екосистем достатньо не досліджувалося. Дані, які містяться в лісотаксаційних описах, неточно відображають реальний стан та структуру рослинних комплексів, так як не містять детальної інформації про трав'янистий ярус та орієнтуються на лісогосподарські показники, такі як бонітет, приріст і не дають змогу оцінити екологічний стан насаджень.

Для визначення індексів різноманіття на території Народицького та Розсохівського природоохоронних науково-дослідних відділень (далі ПОНДВ) було створено 9 тимчасових дослідних ділянок (квартал (далі кв.) 41, виділ (далі в.) 5; кв.53, в.7; кв.76, в.2; кв.93, в.2; кв.40, в.20; кв.11, в.4; кв.13, в.12; кв.54, в.6; кв.82, в.13),

дані лісові ділянки належать до типу лісорослинних умов – бори (А). Облік чисельності видів та їх площ проективного покриття відбувався методом лінійних трансект. Польові дослідження проводилися протягом червня – серпня 2019 року.

Основним рівнем вивчення видового різноманіття у даному дослідженні є видовий (Abdurahmanov et al., 2013). Флористичні дані подаються у формі прямокутної таблиці розміром  $n \times m$ , де  $n$  – кількість об'єктів (наприклад, видів),  $a \times m$  – кількість ознак (наприклад, чисельність, площа проективного покриття). Форма подання чисел у матриці даних дає нам первинну інформацію про об'єкт і подальші можливості використання математичних методів.

Аналіз матриці  $nm$  шляхом порівняння об'єктів, виходячи з ознак, називається Q-типом аналізу. Для Q-типу аналізу було обрано такі ознаки видів у даних умовах місцезростання – чисельність видів та площа їх проективного покриття. В даному випадку лінійною трансектою слугувала вимірювальна стрічка, натягнута між двома кілочками, де була підрахована чисельність усіх особин, до яких трансекта є дотичною за видами, також відзначаючи їх положення, та проективну довжину уздовж трансект. Трансекти розташовувалися по діагоналях пробних ділянок, розміри яких залежали від структури насаджень. Показник площі проективного покриття вимірювався як довжина лінії трансекти, на яку проєктується площа поверхні певного виду.

Для доповнення видового складу було проведено інвентаризацію видів маршрутним методом (кв. 101, в.1; кв.57, в.17; кв.111, в.1) з метою виявлення видів, відсутніх на дослідних ділянках. Маршрутний метод полягає в тому, що територія дослідження покривається рівномірною мережею маршрутів. Під час проходження по ним склалися флористичні описи. Маршрути прокладаються таким чином, щоб охопити найбільшу різноманітність середовищ існування, а в межах кожного з них знаходився б відрізок маршруту максимальної протяжності (Omelkovets, 2008).

Визначення видів вищих рослин проводили, користуючись визначником вищих рослин «Определитель высших растений Украины».

Ступінь рясності видів визначався за шкалою Друде.

Для характеристики видового різноманіття рослин та її оцінки на видовому рівні.

використовуються так звані індекси видового багатства. Серед низки яких чільне місце займають інтегральні показники відносного багатства видів. Сюди належать, наприклад, індекси Шенона і Сімпсона, що дають змогу об'єднати видове багатство і його якісні показники в єдину величину (Nestoriak, 2010).

З метою об'єктивізації отриманих даних та визначення кількісних характеристик міри різноманіття було проведено обчислення таких індексів.

Індекс Маргалефа відповідає ступеню рівномірності розподілу ознак об'єктів вибірки (дозволяє оцінити, скільки доводиться видів на загальне число особин). Індекс Маргалефа –  $Dmg=(S-1)/\ln(N)$ , де  $S$  – кількість знайдених видів,  $N$  – загальна чисельність видів.

Індекс Сімпсона описує ймовірність приналежності будь-яких двох особин, випадково відібраних з невизначено великої спільноти, до різних видів  $C = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$ , де:  $n_i$  – кількість особин  $i$ -го виду.

Індекси домінування – чисельність (частка) досліджуваного виду відносно сумарної чисельності всіх порівнюваних між собою видів досліджуваного матеріалу. Було визначено: Індекс домінування за чисельністю –  $Dq=Kmax/N$ , де  $Kmax$  – чисельність домінуючого виду,  $N$  – загальна чисельність всіх видів.

Індекс домінування за площею проєктивного покриття –  $Dp=Vmax/J$ , де  $Vmax$  – площа проєктивного покриття домінуючого виду,  $J$  – площа трансекти.

Сумарний індекс домінування за чисельністю і за площею проєктивного покриття –  $D^*=\beta_1 Dq+(1-\beta_1)Dp$ , де:  $\beta_1$  – корегуючий індекс;

Індекс Шеннона-Вівера (далі Шеннона) відповідає числу ознак (в даному випадку особин) певного об'єкту (виду) у виборці (в біоценозі бори ПЗ «Древлянський»)  $H_{(q)}^{(i)} = -\sum_{i=1}^n P_i * \ln P_i$ , де  $P_i$  – відношення чисельності певного виду до загальної чисельності особин усіх видів.

Для того щоб виключити залежність показників різноманітності від чисельності видів, було визначено індекс вирівненості (еквітабельності)  $E_{(q)}^{(i)}$  [Pielou], що є відношенням значення показника Шеннона до його максимально можливого значення:

$$E_{(q)}^{(i)} = H_{(q)}^{(i)} / \ln S.$$

## Результати дослідження

Бори як тип лісорослинних умов характеризуються дуже бідними ґрунтами і оліготрофною рослинністю. Це глибокі піски з надзвичайно малим вмістом глинистих частинок. Враховуючи якісні показники ґрунтів, даний тип лісорослинних умов відзначається наявністю незначної кількості видів флори, особливо вищих судинних рослин.

В умовах наявності малої кількості видів вищих судинних рослин значення кожного з них, для підтримання стабільності біоценозу, зростає. В даному типі лісорослинних умов, надзвичайно важливо проводити якісний моніторинг стану біорізноманіття, адже, зникнення одного з аборигенних видів, або ж включення інвазійних видів у склад даних біоценозів, можуть призвести до непрогнозованих результатів.

Всього виявлено 26 видів які належать до 17 родин, 24 родів (табл. 1), серед яких найчисленнішими є родини вересові, тонконогі, розові, бобові, глухокропикові, дзвоникові та березові, характерних для борів Народицького та Розсохівського ПОНДВ.

Саме тому, для об'єктивного оцінювання показників видового різноманіття, домінування та схожості важливо виділити серед усіх визначених видів спорідненні за певним показником групи. Оптимальним поділом лісових ділянок, в такому випадку, є поділ лісу за ярусністю.

У лісах яруси утворені рослинами окремих життєвих форм (по Серебрякову), виділяють наступні яруси:

- ярус А – деревостан (ярус дерев);
- ярус В – підлісок (ярус чагарників);
- ярус С – трав'яний (ярус трав'янистих рослин);
- ярус D – мохово-лишайниковий ярус.

Ярус А є найбільш описаним, адже дані лісотаксаційного опису містять повну інформацію про деревостан, його склад та стан. У процесі дослідження не було знайдено ділянок, лісотаксаційні показники в яких значно відрізнялися б від вказаних у даних лісотаксаційного опису. Зокрема, показники повноти деревостанів відповідають таким, з похибкою в 0,1.

Таблиця 1. Склад вищих судинних рослин борів ПЗ «Древлянський»

№ з/п	Вид	Родина	Рід	Життєва форма
1	Перестріч лучний <i>Melampyrum pratense</i>	Вовчкові ( <i>Orobanchaceae</i> )	Перестріч ( <i>Melampyrum</i> )	Багаторічна трава
2	Верес звичайний <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill.	Вересові ( <i>Ericaceae</i> )	Верес ( <i>Calluna</i> )	Вічнозелений чагарничок
3	Сосна звичайна <i>Pinus sylvestris</i> L.	Соснові ( <i>Pinaceae</i> )	Сосна ( <i>Pinus</i> )	Дерево
4	Кунічник наземний <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth.	Тонконогові ( <i>Poaceae</i> )	Кунічник ( <i>Calamagrostis</i> )"	Багаторічна трава
5	Смовдь гірська <i>Peucedanum oreoselinum</i>	Окружкові ( <i>Ariaceae</i> )	Смовдь ( <i>Peucedanum</i> )	Багаторічна трава
6	Дрік красильний <i>Genista tinctoria</i>	Бобові ( <i>Fabaceae</i> )	Дрік ( <i>Genista</i> )	чагарник
7	Зіновать руська <i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	Бобові ( <i>Fabaceae</i> )	Зіновать ( <i>Chamaecytisus</i> )	Багаторічна рослина
8	Суховершки звичайні <i>Prunella vulgaris</i>	Глухокропивові ( <i>Lamiaceae</i> )	Суховершки ( <i>Prunella</i> )	Багаторічна рослина
9	Буквиця лікарська <i>Betonica officinalis</i> L.; <i>Stachys betonica</i> Benth.	Глухокропивові ( <i>Lamiaceae</i> )	Чистець ( <i>Stachys</i> )	Багаторічна трава
10	Дзвоники круглолисті <i>Campanula rotundifolia</i>	Дзвоникові ( <i>Campanulaceae</i> )	Дзвоники ( <i>Campanula</i> )	Багаторічна трава
11	Дзвоники болонські <i>Campanula bononiensis</i>	Дзвоникові ( <i>Campanulaceae</i> )	Дзвоники ( <i>Campanula</i> )	Багаторічна трава
12	Деревій звичайний <i>Achillea millefolium</i>	Айстрові ( <i>Asteraceae</i> )	Деревій ( <i>Achillea</i> )	Багаторічна трава
13	Тонконіг вузьколистий <i>Poa angustifolia</i> L.	Тонконогові <i>Poaceae</i>	Тонконіг ( <i>Poa</i> )	Багаторічна трава
14	Морква дика <i>Daucus carota</i>	Зонтичні ( <i>Ariaceae</i> )	Морква ( <i>Daucus</i> )	Дворічна трава
15	Молінія блакитна <i>Molinia caerulea</i>	Тонконогові Молінія ( <i>Molinia</i> )	Молінія ( <i>Molinia</i> )	Багаторічна трава
16	Багно звичайне <i>Ledum palustre</i> L.; або <i>Rhododendron tomentosum</i>	Вересові ( <i>Ericaceae</i> )	Багно ( <i>Ledum</i> )"	Чагарничок
17	Брусниця <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Вересові ( <i>Ericaceae</i> )	Вакциніум ( <i>Vaccinium</i> )	Чагарничок
18	Чорниця звичайна <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Вересові ( <i>Ericaceae</i> )	Вакциніум ( <i>Vaccinium</i> )	Чагарничок
19	Конвалія <i>Convallaria majalis</i>	Холодкові ( <i>Asparagaceae</i> )	Конвалія ( <i>Convallaria</i> )	Багаторічна трава
20	Орляк звичайний <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Деннштедтієві <i>Dennstaedtiaceae</i>	<i>Pteridium</i>	Багаторічна
21	Дуб звичайний ( <i>Quercus robur</i> L., <i>Q. pedunculata</i> )	Букові ( <i>Fagaceae</i> )	Дуб ( <i>Quercus</i> )	Дерево
22	Осіка <i>Populus tremula</i> L., <i>Populus pseudotremula</i> N. Rubtz.	Вербові ( <i>Salicaceae</i> )	Тополя ( <i>Populus</i> )	Дерево
23	Горобіна звичайна <i>Sorbus aucuparia</i>	Розові ( <i>Rosaceae</i> )	Горобіна <i>Sorbus</i>	Кущ
24	Вільха чорна <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaerth.	Березові ( <i>Betulaceae</i> )	Вільха ( <i>Alnus</i> )	Дерево
25	Малина звичайна <i>Ubus idaeus</i>	Розові ( <i>Rosaceae</i> ).	Малина <i>Rubus</i>	Чагарник
26	Береза повисла <i>Betula pendula</i> Roth.	Березові ( <i>Betulaceae</i> )	Береза <i>Betula</i>	Дерево

Ярус А у борах ПЗ «Древлянський» представлений *Pinus sylvestris* L. та *Betula pendula* Roth. Водночас, головною породою є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), домішки берези повислої не перевищують 40 % у складі насаджень.

Ярус В як окремий повноцінний ярус не зустрічався як на досліджуваних ділянках, так і під час виявлення видів маршрутним методом. Такі види як *Sorbus aucuparia*, *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth., *Populus tremula* L. мають ступінь рясності Sp (sparsus) – мала кількість, рослини трапляються розсіяно та зрідка.

Ярус С складається з 19 видів багаторічних трав'янистих рослин та чагарників. Ярус трав'янистих рослин є надзвичайно важливою ланкою для стійкості борів, адже, едафічні умови борів, а саме низькі показники родючості, низький вміст азоту, фосфору та калію, а також висока кислотність обмежують чисельність видів, які можуть існувати в даних екологічних умовах. Саме тому показник даного ярусу є особливо важливими для організації якісного моніторингу.

Ярус D складається переважно з сфагнових мохів (*Sphagnum*) та лишайників, площа їх покриття становить від 50 до 90 % площі борів.

Багато вчених цілком справедливо пов'язують стійкість систем з їх біологічною різноманітністю – індексом біологічного різноманіття Шеннона (Alimov, 1989) розуміючи під ним характеристику, протилежну ентропії (Abdurahmanov et al., 2013). В таблиці 2 відображені основні чисельні показники видів вищих судинних рослин ярусу С, які дадуть змогу оцінити дану формацію за допомогою основних показників видового різноманіття.

Для проведення об'єктивного моніторингу видового різноманіття доцільно визначати показники видового різноманіття.

Індекс Маргалєфа –  $D_{mg}$ . Міра різноманітності  $D_{mg}$  для усіх досліджуваних ділянок становить 2,85.

Індекс Сімпсона застосовується для випадків, коли число видів перевищує 10. Тому даний індекс було розраховано як сумарний, адже кількість видів окремо по кожній дослідній ділянці є меншою за 10, він становить 0,259.

У міру збільшення показника С різноманітність зменшується. Тому індекс Сімпсона часто використовують у формі (1-С). Це величина – ймовірність міжвидових зустрічей і вона варіюється в межах від 0 до 1.  $1-C = 0,741$ .

Показник ймовірності міжвидових зустрічей (індекс Сімпсона) 0,741 вказує на малу видову різноманітність.

Біоценоз завжди має характерний видовий склад, в якому можна виділити домінантні види. Домінантні види – це види, які творять зовнішній вигляд біоценозу (сосновий, сфагновий, вересовий). Для об'єктивного визначення міри домінування виду було застосовано індекси домінування за чисельністю та площею проективного покриття.

Індекс домінування за чисельністю –  $D_q$ . Загальний індекс домінування брусниці для усіх досліджуваних ділянок становить 0,46.

Індекс домінування за площею проективного покриття –  $D_p$ . Загальний індекс домінування брусниці для усіх досліджуваних ділянок становить 0,457.

Сумарний індекс домінування –  $D^* = \beta_1 D_q + (1 - \beta_1) D_p = 0,4585$ .

$\beta_1$  – корегуючий індекс (0.5 – за умови відсутності пріоритету будь-якої з ознак).

Судячи з отриманих показників, вид брусниці (*Vaccinium vitis-idaea* L.) є домінуючим на досліджуваних ділянках не лише за чисельністю, а й за площею проективного покриття. Його частка в ярусі С (трав'янистих рослин) становить близько 45 %. Даний показник є вихідними для подальшого моніторингу, будь-яка зміна показника домінування даного виду вказуватиме на значні зміни всередині структури біоценозу. Використовуючи навіть один з показників видового різноманіття, а саме, сумарний індекс домінування, можна визначити значимість змін у структурі біоценозу. Також, змінюючи показник корегуючого індексу  $\beta_1$ , в межах від 0 до 1 (де 0 – значення першого показника ігнорується, 1 – значення другого показника ігнорується), ми матимемо змогу надавати пріоритет одному з показників (чисельність, біомаса, площа проективного покриття, тощо) та визначати домінантність у залежності від показника який матиме найвагомніше значення для конкретних ситуацій.

Індекс Шеннона-Вівера відповідає числу ознак (в даному випадку особин) певного об'єкту (виду) у виборці (в біоценозі бори ПЗ «Древлянський»).

Згідно з [Margalef] величина показника різноманітності по Шеннону зазвичай знаходиться в діапазоні 1.5 ... 3.5 і дуже рідко перевищує 4.5. Показник міри різноманітності  $H^{(i)}(q)$  на досліджуваних ділянках становить 1,72, що свідчить, зокрема, про низький рівень стійкості даного біоценозу.

Таблиця 2. Чисельні показники ярусу трав'янистих рослин

№ з/п	Квартал	Виділ	Розмір трансекти (см)	Вид	Кількість (шт)	Площа проєктивного покриття (см)	Ступінь рясності
1	2	3	4	5	6	7	8
1	41	5	960	<i>Vaccinium vitis-idaea L.</i>	56	340	cop2
				<i>Vaccinium myrtillus L.</i>	25	78	cop <sup>1</sup>
				<i>Melampyrum pratense</i>	16	120	cop <sup>1</sup>
				<i>Calluna vulgaris (L.) Hill.</i>	17	50	Sp
2	53	7	902	<i>Vaccinium vitis-idaea L.</i>	20	73	cop <sup>1</sup>
				<i>Melampyrum pratense</i>	1	10	Sol
				<i>Calluna vulgaris (L.) Hill.</i>	5	35	Sp
				<i>Convallaria majalis</i>	1	2	Sol
3	76	2	700	<i>Melampyrum pratense</i>	6	120	Sp
				<i>Calluna vulgaris (L.) Hill.</i>	11	39	cop <sup>1</sup>
				<i>Genista tinctoria</i>	3	410	cop <sup>1</sup>
				<i>Vaccinium vitis-idaea L.</i>	36	108	cop2
				<i>Convallaria majalis</i>	1	3	Sol
				<i>Vaccinium myrtillus L.</i>	6	46	Sp
4	93	2	953	<i>Melampyrum pratense</i>	14	240	cop2
				<i>Convallaria majalis</i>	7	62	Sp
				<i>Genista tinctoria</i>	2	56	Sol
				<i>Peucedanum oreoselinum</i>	1	20	Sol
				<i>Pteridium aquilinum (L.) Kuhn</i>	1	2	Sol
				<i>Prunella vulgaris</i>	12	45	cop <sup>1</sup>
5	40	20	1014	<i>Vaccinium vitis-idaea L.</i>	10	30	cop <sup>1</sup>
				<i>Convallaria majalis</i>	11	60	cop <sup>1</sup>
				<i>Poa angustifolia L.</i>	1	20	Sol
				<i>Daucus carota</i>	4		Sp
				<i>Molinia caerulea</i>	4	100	Sp
				<i>Ledum palustre L.</i>	3	25	Sp
6	11	4	1050	<i>Pteridium aquilinum (L.) Kuhn</i>	2	90	Sp
				<i>Calluna vulgaris (L.) Hill.</i>	1	2	Sol
				<i>Poa angustifolia L.</i>	5	85	Sp
				<i>Vaccinium myrtillus L.</i>	35	125	cop2
7	13	12	850	<i>Vaccinium vitis-idaea L.</i>	42	156	cop2
				<i>Betonica officinalis L.</i>	2	15	Sol
				<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	1	9	Sol
				<i>Calamagrostis epigejos (L.) Roth.</i>	1	18	Sol
				<i>Melampyrum pratense</i>	11	218	cop2
				<i>Calluna vulgaris (L.) Hill.</i>	7	35	Sp
				<i>Campanula bononiensis</i>	2	8	Sp
				<i>Achillea millefolium</i>	2	9	Sol

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8
8	54	6	1101	<i>Melampyrum pratense</i>	5	102	Sp
				<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill.	12	39	cop <sup>1</sup>
				<i>Campanula rotundifolia</i>	1	6	Sol
				<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	36	108	cop2
				<i>Convallaria majalis</i>	1	3	Sol
				<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	10	99	cop <sup>1</sup>
9	82	13	1189	<i>Convallaria majalis</i>	2	17	cop <sup>1</sup>
				<i>Melampyrum pratense</i>	11	218	Sp
				<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	32	381	cop2
				<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	61	427	cop2

Примітки: \*Квартали Народицького лісництва.

\*\*Ступінь рясності позначено за шкалою Друде.

Таблиця 3. Показники домінування видів

№ з/п	Індекс Маргалефа	За чисельними показниками		За площею проєктивного покриття	
		домінуючий вид	індекс домінування	домінуючий вид	індекс домінування
1	1,063	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0,49	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0,58
2	0,91	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0,74	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0,61
3	1,20	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0,57	<i>Genista tinctoria</i>	0,68
4	1,38	<i>Melampyrum pratense</i>	0,38	<i>Melampyrum pratense</i>	0,56
5	1,43	<i>Convallaria majalis</i>	0,33	<i>Molinia caerulea</i>	0,43
6	0,79	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0,81	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0,41
7	1,43	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	1,75	<i>Melampyrum pratense</i>	0,26
8	1,42	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	1,2	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	0,10
9	0,64	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0,58	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0,28

Для того щоб виключити залежність показників різноманітності від чисельності видів, був розраховано індекс вирівняності (еквітабельності)  $E^{(i)}$  [Pielou], який становить 0,584.

Наведені вище характеристики біоценозів слугуватимуть початковими даними для структурного дослідження флори лісів ПЗ «Древлянський», також даючи змогу відображати міру стійкості даних біоценозів.

### Висновки

1. В результаті проведених досліджень видового складу борів ПЗ «Древлянський» виявлено 26 видів які належать до 17 родин, 24 родів, серед яких найчисленнішими є родини Ericaceae, Rosaceae, Rosaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Campanulaceae та Betulaceae. Вони утворюють

типів для борів рослинні формації домінуючими серед яких є сосняки сфагново-лишайникові та старовікові різнотравно-конвалєві.

2. Найбільш поширеними родинами є соснові (Pinaceae), представлена одним видом – сосною звичайною (*Pinus sylvestris* L.), з часткою у складі від 60 до 100 % та вересові (Ericaceae) представлені чотирма видами. Домінуючим видом трав'яного ярусу є брусниця (*Vaccinium vitis-idaea* L.) з сумарним індексом домінування 0,459.

3. Визначені індекси що характеризують міру різноманітності: індекс Маргалефа – 2,85; індекс Сімсона (1-C) – 0,741; індекс Шеннона – 1,72 та індекс еквітабельності (Піелу) – 0,584 опосередковано вказують на низьку стійкість борів як біоценозів, визначаючи бори як гарячі точки для моніторингу.

Перспективою для подальших досліджень є визначення усіх критеріїв та індикаторів видового різноманіття з урахуванням особливостей ПЗ «Древлянський» як природоохоронного об'єкту. Продовження моніторингу видового різноманіття як на видовому, так і на екосистемному рівні з урахуванням чітко визначених показників (критеріїв та індикаторів) дасть змогу об'єктивно оцінити стан екосистем ПЗ «Древлянський» та визначити «гарячі точки», що дасть змогу організувати роботу зі збереження біорізноманіття значно ефективніше.

### References

- Abdurakhmanov, H. M., Sokolskaia, N. Y., Brumshtein, Yu. M., Sokolskyi, A. F. (2013). Analiz metodov otsenky biolohycheskoho raznoobrazya [Analysis of methods for assessing biological diversity]. *Yuh Rossyy: ekolohiya, razvytye*. 8(1), 97-110. doi: 10.18470/1992-1098-2013-1-97-110 [in Russian].
- Akira, M., Ken, L., Lena, G. (2016). Biodiversity and ecosystem services in forest ecosystems: a research agenda for applied forest ecology. *Journal of Applied Ecology*. 54, 12-27. doi:10.1111/1365-2664.12669.
- Baran, J., Pielech, R., Bodziarczyk, J., (2018). No difference in plant species diversity between protected and managed ravine forests. *Forest Ecology and Management*, V. 430, 587-593. doi: 10.1016/j.foreco.2018.08.052.
- Bohn, F., Huth, A. (2017). The importance of forest structure to biodiversity-productivity relationships. *R Soc Open Sci*. 4(1), 160521. doi: 10.1098/rsos.160521.
- Chiara, L., Bruun, H., Chiarucci, A., Donati, D., Frascaroli, F., Fritz, Ö. ... Heilmann-Clausen, J. (2018). Biodiversity response to forest structure and management: Comparing species richness, conservation relevant species and functional diversity as metrics in forest conservation. *Forest Ecology and Management*. 432, 707-717. doi: 10.1016/j.foreco.2018.09.057.
- Nestoriak, Yu. Yu. (2010). Metodychni zasady obliku ta otsinky stanu bioriznomanittia v lisakh [Methodical bases of accounting and assessment of the state of biodiversity in forests]. *Ahrosvit*. 6, 53 – 56 [in Ukrainian].
- Omelkovets, Ya. A., Romaniuk, N. Z., Sukhomlin, K. B., Shvarts, L. O., Radiuk, L. P. (2008). Deiaki metody ta metodyky biolohichnykh doslidzen. Metodychni rekomendatsii [Some methods and techniques of biological research. Guidelines]. Lutsk : Volynskyi derzhavnyi universytet im. Lesi Ukrainky. [in Ukrainian].
- Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha [On environmental protection] №1264-XII (1991).
- Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy Zakon Ukrainy [On the Nature Reserve Fund of Ukraine] № 2456-XII (1992).
- Protasov, A. A. (2002) Byoraznoobrazye y eho otsenka. Kontseptualnaia dyversykolohiya. [Biodiversity and its assessment. Conceptual diversification]. Kyev : Ynstytut hydrobyolohyy NAN Ukrayny. [in Russian].

UDC 628.35, 628.385, 628.381

## METHANE FERMENTATION OF PIG STOCK

N. Bubliko<sup>1</sup>, O. Semenova<sup>1</sup>, O. Lavryniuk<sup>2</sup>

### Article info

Received  
27.04.2020

Accepted  
24.06.2020

<sup>1</sup> National  
University  
of Food  
Technology  
68, Volodymyrska  
Str., Kyiv,  
01601, Ukraine

<sup>2</sup> Zhytomyr  
National  
Agroecological  
University  
7, Saryi Blvd,  
Zhytomyr,  
10008, Ukraine

E-mail: 3110nb@  
gmail.com;  
olena.semenova07  
@gmail.com

**Bubliko, N., Semenova, O., Lavryniuk, O. (2020). Methane fermentation of pig stock. *Scientific Horizons*, 07 (92), 74–79. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-74-79.**

*Pig farms are a significant source of environmental pollution, since their activity is accompanied by the generation of large volumes of concentrated waste and wastewater. Particularly dangerous for the environment are sewage effluents, which are characterized by a high content of contaminants. Therefore, it is urgent to solve the problem of biotechnological utilization of liquid waste of pig farms, which, through the use of biogas, would not only improve the local environmental situation, but would also be economically viable.*

*The purpose of the work is to study modern methods of ecological biotechnology, namely methane fermentation of manure waste from pig farms. This will solve the problem of wastewater disposal, while ensuring the production of a significant amount of biogas and of fermented biomass, which is a fertilizer.*

*The authors determined that the slurry is subjected to continuous methane fermentation at a temperature of 45°C. Methane digestion of the substrate with a moisture content of 96,1; 93,8 and 91,12 % were carried out at the dilution rates of  $4,2 \cdot 10^{-3}$ ,  $5,0 \cdot 10^{-3}$ ,  $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$ .*

*The amount of biogas synthesized per unit of dry matter loaded ( $DM_{loaded}$ ) depends largely on concentration and dilution rate. The maximum production of biogas ( $220 \text{ dm}^3/\text{kg } DM_{loaded}$ ) was recorded at a dilution rate of  $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$ .*

*The methane content of biogas was 70–78 % depending on the substrate concentration and process conditions, which testifies to its full use as fuel. The pH of the culture fluid ranged from 7,5 to 8,5 and did not require artificial regulation.*

*Reducing the intensity of the process of purification by chemical oxygen demand (COD) has a direct dependence on the substrate moisture and reversed the speed of dilution. The highest purification efficiency (88,92 %) was achieved when the substrate was digested with maximum humidity (96,1 %) and the lowest dilution rate ( $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$ ).*

*The following forms of vitamins of the cobalamin group have been found in fermented biomass:  $B_{12}$  and factor III, which are active forms of the vitamin, and factor B is inactive, with a large number of them. The total content of vitamins largely depends on the characteristics of the substrate (type and concentration of pollutants), fermentation parameters, etc. and ranges from 21,23 to 43,74 mkg/g DM.*

**Keywords:** *methanogenesis, continuous mode, biotransformation, biogas, vitamins, fertilizers.*

## МЕТАНОВА ФЕРМЕНТАЦІЯ СТОКІВ СВИНОФЕРМ

Н. О. Бублієнко<sup>1</sup>, О. І. Семенова<sup>1</sup>, О. О. Лавринюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій  
вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна

<sup>2</sup>Житомирський національний агроекологічний університет  
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Свинокомплекси є значним джерелом забруднення навколишнього природного середовища, адже їх діяльність супроводжується утворенням значних обсягів гнойових стоків з високим вмістом забруднювальних компонентів. Вирішення проблеми біотехнологічної утилізації рідких відходів свиноферм сприяло б покращанню не лише екологічної ситуації, але і було б економічно вигідним.

Метою роботи було дослідження сучасних методів екологічної біотехнології, а саме метанової ферментації гнойових стоків свиноферм для отримання біогазу та збродженої біомаси у якості добрива.

Встановлено, що гнойові стоки піддаються метановій ферментації у безперервному режимі, при температурі 45°C. Метанове збродження субстрату вологостями 96,1; 93,8 та 91,12 % здійснювали при швидкостях розбавлення  $4,2 \cdot 10^{-3}$ ,  $5,0 \cdot 10^{-3}$ ,  $6,3 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>.

Кількість біогазу, синтезованого з одиниці звантаженої сухої речовини ( $CP_{завант}$ ) значно залежить від концентрації та швидкості розбавлення. Максимальне продукування біогазу ( $220 \text{ дм}^3/\text{кг } CP_{завант}$ ) зафіксовано при швидкості розбавлення  $4,2 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>.

Вміст метану в біогазі становив 70–78 % залежно від концентрації субстрату та умов здійснення процесу, що свідчить про повноцінність використання його як палива. рН культуральної рідини коливалося в межах 7,5–8,5 і не потребувало штучного регулювання.

Зниження інтенсивності процесу очищення за хімічним споживання кисню (ХСК) має пряму залежність від вологості субстрату та обернену від швидкості розбавлення. Найбільша ефективність очищення (88,92 %) досягнута при збродженні субстрату з максимальною вологістю (96,1 %) та найменшій швидкості розбавлення ( $4,2 \times 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>).

У зброженій біомасі було виявлено такі форми вітамінів кобаламінової групи:  $B_{12}$  і фактор III, що є активними формами вітаміну, а також фактор В – неактивна. Загальний вміст вітамінів значно залежить від характеристик субстрату (типу і концентрації забруднювальних речовин), параметрів ферментації тощо і коливається від 21,23 до 43,74 мкг/г  $CP$ .

**Ключові слова:** метаногенез, безперервний режим, біотрансформація, біогаз, вітаміни, добрива.

### Вступ

Біотехнологічна переробка відходів сільського господарства, харчової та переробної промисловості повинна забезпечувати не лише вирішення екологічних проблем, але й бути економічно виправданою. Особливо це є важливим при розробленні технологій утилізації відходів свиноферм, кількість яких, а також концентрація забруднювальних речовин в них, є дуже значними (Makara & Kowalskib, 2018; Rexasa et al., 2020).

Такі великі обсяги стоків пояснюються високими нормами водоспоживання на одну голову худоби: 15 дм<sup>3</sup>/добу (свині на відгодівлі), 25 дм<sup>3</sup>/добу (свиноматки дорослі), 60 дм<sup>3</sup>/добу (свиноматки з приплодом), суттєвими витратами води для видалення гною (від 1,5 до 25 дм<sup>3</sup>/добу на тварину, залежно від використовуваної системи видалення) тощо (Svynarski ..., 2005).

Особливістю стічних вод свинокомплексів є

висока концентрація в них органічних речовин і надзвичайно високий вміст сполук азоту. Гнойові стоки містять екскременти тварин різних статевовікових груп, залишки підстилкового матеріалу і корму, лікарські препарати, інсектициди, гормони для лікування й стимуляції росту свиней, речовини для дезінфекції й дезінсекції приміщень утримання худоби.

Склад стоків залежить не лише від типу годівлі свиней (концентратний чи комбінований), але також особливостей технології утримання худоби. Хімічний склад стоків наведено у таблиці 1 (Yaremchuk et al., 2012). Значення показників загального мікробного числа ( $27,0 \times 10^6$ – $20,1 \times 10^9$ ), колі-титру ( $10^{-8}$ – $10^{-10}$ ) та титру ентерокока ( $10^{-7}$ ) свідчать про високу бактеріальну забрудненість гнойових стоків свиноферм, що обмежує їх використання як добрив та потребує спеціальної обробки (Yaremchuk et al., 2012).

Таблиця 1. Хімічний склад стоків свинарських підприємств за різних типів годівлі, %

Показник	Концентратний тип годівлі		Комбінований тип годівлі	
	свиноматки (підсисні)	молодняк на відгодівлі	свиноматки (підсисні)	молодняк на відгодівлі
Вологість	94,3	93,83	90,10	93,10
Сухі речовини	5,70	6,20	9,90	6,90
Протеїн	18,42	21,63	10,03	11,22
Клітковина	18,80	22,63	25,10	26,10
Жир	3,63	4,30	2,60	1,80
Зола	21,20	19,53	16,42	17,16

Найчастіше такі гнойові стоки скидають у гноєсховища, де їх витримують протягом 8–12 місяців, після чого зазвичай використовують на сільськогосподарських угіддях як добриво.

При витримуванні гнойових стоків у гноєсховищах відбувається випаровування рідини, фільтрування в ґрунт, а також самовільне природне метанове бродіння. Це зумовлює неконтрольоване виділення в атмосферне повітря небезпечних сполук, речовин з неприємним запахом, парникових газів (аміак, сірководень, меркаптани, метан, вуглекислий газ тощо) (Fridrich et al., 2014; Pramod et al., 2016). Ці викиди є неорганізованими, очищення їх зорганізувати технічно складно, тому для захисту жителів прилеглих територій та працівників свинокомплексу необхідне обов'язкове дотримання розмірів санітарно-захисної зони, прийнятої для підприємств такого профілю, що не завжди виконується.

Також використання гноєсховищ супроводжується значним забрудненням ґрунтів і ґрунтових вод усіма компонентами стоків, сприяє розповсюдженню шкідливих і небезпечних видів флори і фауни.

Суттєвим є також те, що водночас

втрачаються корисні компоненти гнойових стоків, які можливо раціонально використати, перш за все, для отримання цінного енергопалива – біогазу.

Біогаз складається переважно із метану (CH<sub>4</sub>), діоксиду карбону (CO<sub>2</sub>) та незначної кількості сірководню, водню, меркаптанів. Співвідношення між основними компонентами (метан:діоксид карбону) може становити від 50:50 до 80:20, залежно від особливостей здійснення метанової ферментації, субстрату, що зброджується тощо (Pipatmanomaia et al., 2009).

Завдяки високому вмісту метану, біогаз використовується як альтернативне джерело енергії (O'Shea et al., 2017). Його або спалюють для отримання теплової енергії, або отримують електричну енергію, яку продають за «зеленим тарифом» (Henning et al., 2014; Hengeveld et al., 2016). Останнє є найефективнішим з огляду на економічні показники (Börjesson & Ahlgren, 2012).

Така технологія є не лише екологічно, але і економічно виправданою, про що свідчать прискорені темпи будівництва біогазових установок, у тому числі, в Україні (таблиця 2) (Derzhavne agentstvo ..., 2020).

Таблиця 2. Динаміка зростання біогазових потужностей в Україні (що працюють за «зеленим тарифом»)

Роки	Кількість біогазових установок,		Встановлені потужності, МВт	
	сільськогосподарська сировина	з полігонів твердих побутових відходів	сільськогосподарська сировина	з полігонів твердих побутових відходів
2012	–	7	–	7
2013	2	7	7	7
2014	3	7	8	7
2015	5	7	11	7
2016	6	7	14	7
2017	9	12	23	11
2018	13	20	28	18
2019 (III квартал)	20	25	47	23

Тому метою роботи було дослідження методів екологічної біотехнології, а саме метанової ферментації гнойових стоків свиноферм, що дасть можливість отримання із відходів біопалива для заміни вичерпних джерел енергії та збродженої біомаси, збагаченої цінними біокомпонентами (Corbala-Roblesa et al., 2018; Ghirardinia et al., 2020).

### Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили щодо утилізації гнойових стоків свиноферм із використанням метанової ферментації на кафедрі екологічної безпеки та охорони праці Національного університету харчових технологій.

Метанову ферментацію гнойових стоків свиноферм здійснювали у лабораторній установці, що складалась із метантенка (об'єм 2 дм<sup>3</sup>) і водяного газгольдера. Метантенк розміщувався у термостаті для забезпечення температури 45 °С (початкові значення термофільного режиму бродіння).

Біогаз накопичувався у водяному газгольдері. Кількість біогазу реєстрували за кількістю рідини, що витісна біогазом із газгольдера у приймальну колбу. Вміст основних компонентів визначали прискореним методом шляхом пропускання біогазу через 10 %-ний розчин натрію гідроксиду.

Показник рН визначався портативним рН-метром лабораторним рН-305.

Для визначення основних показників процесу використовували стандартні методики (Muravev, 2010; Semenova & Bublienko, 2019).

### Результати досліджень та обговорення

Гній свинокомплексів завантажували у біореактор об'ємом 2 дм<sup>3</sup>, в якому відбувалася

метанова ферментація. Субстрат подавався за допомогою саморегульованої системи, причому його кількість відповідала кількості культуральної рідини, що безперервно виводилась із апарату за допомогою перистальтичного насоса. Тобто, бродіння здійснювали у безперервному режимі. Для досліджень був використаний анаеробний активний мул із Юзефо-Миколаївської біогазової станції (Вінницька обл.).

Безперервний режим бродіння дає можливість здійснювати процес у стабільних умовах, регулювати параметри ферментації та отримувати цільові продукти з необхідними, заздалегідь визначеними, властивостями. Також важливою є можливість автоматизації процесу.

Температура метанової ферментації відповідала початковому значенню термофільного режиму – 45 °С, що, забезпечуючи достатню швидкість та ефективність процесу, не є надто енерговитратним.

Хід процесу контролювався за такими параметрами: температура, рН, вміст сухих речовин (СР), хімічне споживання кисню (ХСК), кількість біогазу, вміст метану в ньому, якісний та кількісний склад вітамінів кобаламінової групи, ефективність очищення.

Метанове зброджування субстрату з вологістю 96,1; 93,8 та 91,12 % здійснювалося при швидкостях розбавлення  $4,2 \cdot 10^{-3}$ ,  $5,0 \cdot 10^{-3}$ ,  $6,3 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>.

У таблиці 3 наведені основні показники метанового бродіння гнойових стоків (об'єм біогазу в перерахунку на завантажені (СР<sub>завант</sub>) та зброджуванні (СР<sub>збродж</sub>) сухі речовини, ефективність очищення за ХСК) залежно від вологості та швидкості розбавлення.

Таблиця 3. Показники процесу безперервного метанового бродіння при різних швидкостях розбавлення та вологістю субстрату

Вологість субстрату, %	Швидкість розбавлення, $D \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup>	Об'єм біогазу, дм <sup>3</sup> /кг СР <sub>завант</sub>	Об'єм біогазу, дм <sup>3</sup> /кг СР <sub>збродж</sub>	Ефективність очищення за ХСК, %
96,1	4,2	202	477	<b>88,82</b>
	5,0	204	493	87,84
	6,3	215	551	86,76
93,8	<b>4,2</b>	<b>220</b>	524	83,09
	5,0	210	530	82,19
	<b>6,3</b>	193	<b>672</b>	80,82
91,12	4,2	197	510	81,09
	5,0	186	519	80,21
	6,3	156	620	78,74

Згідно з даними таблиці 3, кількість біогазу, синтезованого з одиниці завантаженої сухої речовини, в значній мірі залежить від концентрації та швидкості розбавлення. Максимальне продукування біогазу ( $220 \text{ дм}^3/\text{кг СР}_{\text{завант}}$ ) зафіксовано при швидкості розбавлення  $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ . Після цього спостерігається зниження інтенсивності синтезу біогазу. Це вказує на те, що існує деякий поріг концентрації забруднювальних компонентів та швидкості розбавлення, за яким ефективність метанової ферментації знижується. Тобто відбувається пригнічення процесу надмірною кількістю субстрату та продуктами його неповного розкладу (наприклад, леткими жирними кислотами).

Розрахунки виходу біогазу на одиницю зброджених сухих речовин субстрату свідчать, що найкращі результати газогенерації досягнуті при збродженні субстратів різної вологості з максимальною швидкістю розбавлення. Так, найбільший вихід біогазу ( $672 \text{ дм}^3/\text{кг СР}_{\text{збродж}}$ ) отримано при вологості 93,8 % та швидкості розбавлення  $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ .

Вміст метану в біогазі становив 70–78 % залежно від концентрації субстрату та умов здійснення процесу. рН культуральної рідини коливалось в межах 7,5–8,5 та не потребувало

штучного регулювання, адже у разі незначних змін параметрів система здатна до саморегулювання.

Найбільша ефективність очищення (88,92 %) досягнута при збродженні субстрату з максимальною вологістю (96,1 %) та найменшій швидкості розбавлення ( $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ ). Це свідчить про те, що для асоціації анаеробних бактерій найсприятливіші умови для дисиміляції забруднень утворені тоді, коли концентрація забруднень не є критично високою. Це сприяє інтенсивності масообмінних процесів, кращому перемішуванню компонентів культуральної рідини, активній взаємодії бактерій з компонентами субстрату.

Одночасно із очищенням та газогенерацією, при метановій ферментації в результаті життєдіяльності бактерій анаеробного активного мулу, утворюються біологічно активні речовини. Особливо цікавим є накопичення деяких вітамінів кобаламінової групи.

У збродженій біомасі було виявлено такі форми цих вітамінів: В<sub>12</sub> і фактор ІІІ (фІІІ), які є активними формами вітаміну, а також фактор В (фВ) – неактивна форма, причому кількість їх є достатньо великою (табл. 4).

Таблиця 4. Вміст деяких вітамінів у збродженій біомасі

Вологість субстрату, %	Вміст вітамінів, мкг/г СР, при швидкості розбавлення, $D \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$											
	4,2				5,0				6,3			
	всього	фВ	В <sub>12</sub>	фІІІ	всього	фВ	В <sub>12</sub>	фІІІ	всього	фВ	В <sub>12</sub>	фІІІ
96,1	24,39	1,29	6,00	17,10	22,53	1,55	7,37	13,61	21,23	1,66	10,53	9,04
93,8	32,08	2,44	20,24	9,40	30,95	2,51	20,33	8,11	24,72	2,10	16,44	6,18
91,12	43,74	8,09	13,21	22,44	42,37	8,35	19,83	14,19	33,65	6,80	19,75	7,10

Їх загальний вміст значно залежить від характеристик субстрату (типу і концентрації забруднювальних речовин), параметрів ферментації тощо і коливається від 21,23 до 43,74 мкг/г СР. Очевидно, що кількість вітамінів є прямопропорційна концентрації субстрату і обернено пропорційна швидкості розбавлення.

Також характеристики субстрату та режими ферментації суттєво впливають на якісний склад вітамінів кобаламінової групи. Так, кількість активних форм вітаміну переважає та перебуває в межах 19,6–35,65 мкг/г СР. При збільшенні концентрації субстрату до середніх показників, збільшується уміст активних форм вітаміну, однак підвищення швидкості розбавлення

впливає негативно на їх біосинтез, особливо це позначається на факторі ІІІ. Найоптимальніше співвідношення активних і неактивних форм вітаміну отримують при збродженні гнойових стоків вологістю 93,8 % та швидкості розбавлення  $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ .

Також зброджена в цих умовах біомаса містить такі макроелементи, як нітроген, фосфор, калій; вільна від гельмінтів, термочутливих збудників хвороб; насіння бур'янів втрачає здатність до проростання. Тому доцільним є використання збродженої біомаси як добрива у сільському господарстві, для зрошування сільськогосподарських земель, а в перспективі, за умови подальших досліджень, як добавки до корму тварин.

## Висновки

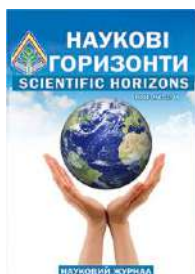
1. Встановлено, що метанова ферментація стоків свинокомплексів забезпечує повну ліквідацію цього виду відходів, водночас супроводжуючись потужною біогазовою генерацією (до 672 дм<sup>3</sup> з 1 кг зброджених сухих речовин).

2. Біогаз містить до 78 % горючого газу метану, що робить його високоякісним заміном традиційного палива.

3. Зброджена біомаса, утворювана в процесі метанової ферментації, має комплекс біоактивних компонентів, особливо цінними серед яких є вітаміни кобаламінової групи (вміст активних форм вітаміну досягає 35,65 мкг/г СР), що зумовлює можливість використання її як добрива.

## References

- Börjesson, M. & Ahlgren, E. (2012). Cost-effective biogas utilisation – A modelling assessment of gas infrastructural options in a regional energy system. *Energy*, 48 (1), 212–226. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.058>.
- Corbala-Roblesa, L., Sastafianaab, W. N. D. & Vanlinden, V. (2018). Life cycle assessment of biological pig manure treatment versus direct land application – a trade-off story. *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 86–98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.010>.
- Derzhavne agentstvo z energoefektivnosti ta energozberezhennya Ukrayini. Novini. – URL: <http://sae.gov.ua/uk/news/2270> [in Ukrainian].
- Fridrich, B., Krčmar, D. & Dalmacija, B. (2014). Impact of wastewater from pig farm lagoons on the quality of local groundwater. *Agriculture Water Management*, 135, 40–53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.12.014>.
- Ghirardinia, A., Grillinia, V. & Verlicchiab, P. (2020). A review of the occurrence of selected micropollutants and microorganisms in different raw and treated manure – Environmental risk due to antibiotics after application to soil. *Science of The Total Environment*, 707, 118–136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136118>.
- Hengeveld, E. J., Bekkering, J. & van Gemert, W. J. T. (2016). Biogas infrastructures from farm to regional scale, prospects of biogas transport grids. *Biomass and Bioenergy*, 86, 43–52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.01.005>.
- Henning, H., Krautkremer, B. & Hartmann, K. (2014). Review of concepts for a demand-driven biogas supply for flexible power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 383–393. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.085>.
- Makara, A. & Kowalskib, Z. (2018). Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms. *Journal of Cleaner Production*, 173, 187–195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.095>.
- Ministerstvo aharnoi polityky Ukrainy (2005). Svyinarski pidpriemstva (kompleksy, fermi, mali fermi) [Pig enterprises (complexes, farms, small farms)] (VNTP–APK–02.05). Kyiv [in Ukrainian].
- Muravyev, A. G. (2010). Rukovodstvo po opredeleniyu pokazateley kachestva vody polevymi metodami [Guidance for the determination of water quality indicators by field methods]. Sankt-Peterburg : Krismas [in Russian].
- O’Shea, R., Wall, D. M. & Murphy, J. D. (2017). An energy and greenhouse gas comparison of centralised biogas production with road haulage of pig slurry, and decentralised biogas production with biogas transportation in a low-pressure pipe network. *Applied Energy*, 208, 108–122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.045>.
- Pexasa, G., Mackenziea, S. & Wallace, M. (2020). Environmental impacts of housing conditions and manure management in European pig production systems through a life cycle perspective: A case study in Denmark. *Journal of Cleaner Production*, 253, 120–125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120005>.
- Pipatmanomaia, S., Kaewluana, S. & Vitidsantb, T. (2009). Economic assessment of biogas-to-electricity generation system with H<sub>2</sub>S removal by activated carbon in small pig farm. *Applied Energy*, 86 (5), 669–674. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.007>.
- Pramod, K., Wenlong, C. & Wang, Yi (2016). Simulating the effects of mesophilic anaerobic and aerobic digestions, lagoon system, and composting on pathogen inactivation. *Ecological Engineering*, 97, 633–641. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.047>.
- Semenova, O. I. & Bublienko, N. O. (2019). Pryrodokhoronni tekhnolohii ta obladnannia: laboratornyi praktykum [Environmental technologies and equipment: laboratory workshop]. Kyiv : NUKhT [in Ukrainian].
- Yaremchuk, O. S., Zakharenko, M. O. & Kovalenko V. O. (2012). Hihienichna otsinka stokiv svynarskykh pidpriemstv za riznoho typu hodivli svynei [Hygienic assessment of effluents of pig enterprises for different types of pig feeding]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 3 (32), 15–26 [in Ukrainian].



UDC 575.17.575.21:577.21

## CHANGING THE RATIO OF FEED IN THE DIET – A TECHNOLOGICAL WAY TO INCREASE SCAR FERMENTATION AND PRODUCTIVITY OF ANIMALS

M. Kambur<sup>1</sup>, A. Zamazij<sup>2</sup>

### Article info

Received  
04.05.2020

Accepted  
24.06.2020

*Kambur, M., Zamazij, A. (2020). Changing the ratio of feed in the diet – a technological way to increase scar fermentation and productivity of animals. Scientific Horizons, 07 (92), 80–87. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-80-87.*

*An important technological technique in production in order to increase the level of assimilation of feed by animals and increase their productivity is the ratio of different types of feed in the diet. Under these conditions, animals change the course of metabolic processes in the rumen and cause changes in metabolism, activate or inhibit the adsorption of precursors by breast tissue of cows for the synthesis of milk components.*

<sup>1</sup> Sumy National Agrarian University  
160,  
G. Kondratieva Str.,  
Sumy,  
40000, Ukraine

<sup>2</sup> Poltava State Agrarian Academy  
1/3,  
Scovorody Str.,  
Poltava,  
36003, Ukraine

E-mail:  
[kaf.anatomia@ukr.net](mailto:kaf.anatomia@ukr.net);  
[ganavar@ukr.net](mailto:ganavar@ukr.net)

*To this end, we studied the processes of cicatricial fermentation of the conditions of change in the ratio in the diet of green fodder, grass pellets and grain concentrates. This technique allows to intensify the processes of scar fermentation, increase the adsorption capacity of breast tissue of animals, accompanied by increased synthesis of volatile fatty acids, in which the proportion of acetic acid in animals of the second and third groups increases during the experiment by an average of 1.1–21.17 times ( $p < 0.05$ ). The increase in the content of LH in the scar of animals of the second and third groups was possible due to the increase in the content of the scar of amyolytic microorganisms on average during the experiment by 1.25 times ( $p < 0.05$ ), proteolytic 1.24 times ( $p < 0.05$ ), and cellulolytic 1.27 times in animals of the second group and 1.68 times in cows of the third group ( $p < 0.01$ ).*

*All this affected the amino acid composition of the scar content of animals of the second group in which the content of essential amino acids was 8.24 %, and in animals of the third group by 12.86 % more than in cows of the first group. The total amino acid pool of the contained scar was probably larger in the cows of the experimental groups, because the replacement of amino acids in it was found by 10.0–10.8 % more than in the animals of the first group. The level of breast tissue of cows with precursors for the synthesis of milk components due to changes in the ratio of different groups of feeds in the diet increased their absorption capacity during intensive lactation, which indicates a positive effect on the productivity of cows.*

**Key words:** volatile fatty acids, adsorption, composition, milk.

## ЗМІНА СПІВВІДНОШЕННЯ КОРМІВ В РАЦІОНІ – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРИЙОМ ПІДВИЩЕННЯ РУБЦЕВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ

М. Д. Камбур<sup>1</sup>, А. А. Замазій<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет  
вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, 40000, Україна

<sup>2</sup>Полтавська державна аграрна академія  
вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна

*Важливим технологічним прийомом у виробництві, з метою підвищення рівня засвоєння корму тваринами та підвищення їх продуктивності, є співвідношення різних видів корму в раціоні. За цих*

умов у тварин змінюється перебіг метаболічних процесів у рубці та викликає зміни у обміні речовин, активує або гальмує адсорбцію попередників тканинами молочної залози корів для синтезу складових компонентів молока. З цією метою ми досліджували процеси рубцевої ферментації умов зміни співвідношення в раціоні зелених кормів, трав'яних гранул та зернових концентратів. Такий прийом дозволив активізувати процеси рубцевої ферментації, підвищити адсорбційну здатність тканин молочної залози тварин, що супроводжується підвищенням синтезу летких жирних кислот, в яких частка оцтової кислоти, у тварин другої та третьої груп підвищується за період досліду в середньому 1,12–1,17 рази ( $p < 0,05$ ). Підвищення вмісту ЛЖК у рубці тварин другої та третьої груп стало можливим за рахунок підвищення у вмістимому рубця кількості амілолітичних мікроорганізмів у середньому за період досліду в 1,25 рази ( $p < 0,05$ ), протеолітичних у 1,24 рази ( $p < 0,05$ ), а целюлозолітичних у 1,27 рази у тварин другої групи та в 1,68 рази у корів третьої групи ( $p < 0,01$ ). Все це вплинуло на амінокислотний склад вмістимого рубця тварин другої групи, в якому вміст незамінних амінокислот виявився на 8,24 %, а у тварин третьої групи на 12,86 % більше, ніж у корів першої групи. Загальний амінокислотний пул вмістимого рубця був у корів дослідних груп вірогідно більше, оскільки і замінних амінокислот в ньому виявлено на 10,0–10,8 % більше, ніж у тварин першої групи. На фоні проведених досліджень встановлено активацію поглинальної здатності тканин молочної залози корів у період інтенсивної лактації, що свідчить про позитивний вплив даного прийому на продуктивність корів.

**Ключові слова:** леткі жирні кислоти, адсорбції, склад, молоко.

### Вступ

Важливість виявлення глибинних механізмів рубцевої ферментації та молоко синтезуючої функції молочної залози в усі періоди її діяльності полягає в тому, що саме рівень рубцевої ферментації є провідним у характері молокоутворюючої функції молочної залози. Аналіз кормової бази, рівня і типу годівлі вказує, що одним з головних факторів, який негативно впливає на використання корму, його конверсію у продукцію, є порушення співвідношення рівня надходження поживних речовин в організм тварин і можливість їх інтенсивного використання тканинами молочної залози для синтезу компонентів молока у різні фізіологічні періоди їх життєдіяльності (Zamazij et al., 2017), втрачені результати багаторічних досліджень в галузі селекції великої рогатої худоби та стада високопродуктивних корів. Значно знизилася поголів'я молочної худоби, що потребує значного перегляду питання щодо селекції, відтворення і годівлі корів (Yablonski, 2000). І в цій площині важливого значення набуває активація процесів рубцевої ферментації з метою інтенсифікації синтезу оцтової, масляної, пропіонової кислот та мікробіальної і протозойної маси, які використовуються організмом тварин для секретотворення у молочної залозі, а відповідно, і отримання максимальної продукції від кожної корови (Russel & Rychlik, 2001; Kambur et al., 2018).

Дослідження обмінних процесів, які

протікають в організмі продуктивних тварин, повинно забезпечити можливість визначення потреб організму в субстратах, необхідних для біосинтезу компонентів молока і отримання якісної продукції (Chung et al., 2012). Потреба тварин в енергії і поживних речовинах забезпечується в кінцевому результаті набором метаболітів не тільки тих, що надходять з кормом, але й тих, що утворюються в процесі травлення та вторинного метаболізму в тканинах. Все це робить суттєвим вивчення питань з використання молочною залозою метаболітів рубцевої ферментації (Bauman & Grünari, 2002; Schlegel et al., 2012).

Забезпечення тварин кормами, зміна їх співвідношення та надходження в організм необхідних поживних речовин є важливим технологічним прийомом у виробництві з метою підвищення рівня засвоєння корму коровами та їх продуктивності. Співвідношення різних видів корму в раціоні тварин змінює течію метаболічних процесів у рубці, викликає зміни у обміні речовин, активує або гальмує адсорбцію попередників тканинами молочної залози корів для синтезу складових компонентів молока. Доведено, що (Hajrullin et al., 2020) зміна забезпеченості корів енергією, протеїном, легкоперетравними вуглеводами є складовими у процесах живлення тварин, впливає на активність тканин молочної залози щодо адсорбції попередників з притікаючої крові. Для метаболічних процесів, які відбуваються у

тканинах молочної залози і її секреторних клітинах, характерна дуже висока активність, тому що окрім обов'язкових структурних компонентів для кожної клітини вони синтезують ще і основні компоненти молока – білок, жир, лактозу (Bauman et al., 2008). Вміст компонентів у молоці непостійний протягом лактації і навіть упродовж доби у однієї і тієї ж тварини. На наш погляд, ця варіаційність обумовлена цілою низкою зовнішніх та внутрішніх факторів, вивчення яких вкрай необхідне з метою регулювання вмісту цих компонентів у молоці. Потреба у амінокислотах повинна визначатися з врахуванням спожитого корму (обмінної енергії), розподілом енергії між тканинами організму і молоком, складу молока і періоду лактації. Період лактації необхідно враховувати, так як лактація – циклічний процес, у якому показники продуктивності можуть суттєво впливати на наступну молокопродукцію. Доведено, що глюкоза також може використовуватися для синтезу амінокислот казеїну молока. Складною і суперечливою досі залишається думка дослідників з питання синтезу жиру молока (Medinger et al., 2010). Окрім кількості та якості корму на склад жиру та жирних кислот у крові впливає також надходження різноманітних добавок. Встановлено корелятивний зв'язок між рубцевими метаболітами і синтезом молочної жиру у жуйних тварин. Важливою особливістю процесів травлення у жуйних тварин є те, що корм підлягає в рубці впливу мікроорганізмів та простіших (Pappritz et

al., 2011; Newbold et al., 2015; Sachuk et al., 2018). За цих умов відбувається зброджування целюлози, крохмалю, пентози, вуглеводів. Мікрофлора рубця передшлунків жуйних тварин знаходиться у симбіотичних відносинах з організмом тварин, та складає з ним єдине ціле. По-перше, мікроорганізми забезпечують макроорганізм енергетичним матеріалом, ферментуючи вуглеводні компоненти корма до ЛЖК, з іншого боку, у процесі життєдіяльності мікроорганізми накопичують у власних клітинах легкоотруйний білок, глікоген подібні полісахариди, які в кінцевому результаті використовуються для живлення організму тварини – хазяїна.

### Матеріали і методи дослідження

Метою роботи було – дослідити синтез метаболітів рубцевої ферментації та продуктивність корів за умов зміни співвідношення кормів у раціоні.

Експериментальну частину роботи виконували в умовах ПП «ЯНА ПЛЮС» Чернігівської області, с. Петрівка, віварію факультету ветеринарної медицини, кафедри анатомії, нормальної та патологічної фізіології СНАУ. Дослідження проводили протягом 2018–2019 рр. у весняно-літній період на коровах чорно-рябої породи, в раціонах яких змінювали співвідношення кормів по енергетичній поживності як технологічний прийом підвищення активності рубцевої ферментації та продуктивності тварин (табл. 1).

Таблиця 1. Співвідношення кормів за енергетичною поживністю, %

Групи тварин	Види кормів		
	зелені корма	трав'яні гранули	зернові концентрати
I	60 (6,10 к.од.)	30 (3,05 к.од.)	10 (1,01 к.од.)
II	60 (6,10 к.од.)	20 (2,03 к.од.)	20 (2,02 к.од.)
III	60 (6,10 к.од.)	10 (1,20 к.од.)	30 (3,03 к.од.)

Дослідження впливу різного співвідношення груп кормів раціону на процеси рубцевої ферментації та продуктивність корів проводили впродовж перших трьох місяців лактації. Для досліду було сформовано 3 групи тварин, по 10 корів у кожній. Тваринам першої групи впродовж досліду (контроль) у раціоні забезпечували 60 % зелених кормів, 30 % трав'яних гранул та 10 % зернових концентратів. Тваринам другої групи призначали 60 % зелених кормів, 20 % трав'яних гранул та 20 % зернових концентратів. Корови третьої групи за період досліду

отримували з раціоном 60 % зелених кормів, 10 % трав'яних гранул та 30 % зернових концентратів.

Відбір проб крові від тварин дослідних груп проводили в кінці кожного місяця досліду з хвостової артерії, а вміст рубця отримували за допомогою зонду з використанням колби Бунзена, (n=5).

У зразках вмістимого рубця визначали концентрацію ЛЖК методом відгонки у апараті Маркгама, оцтової кислоти – мікродифузним методом у чашках Конвея, В-оксимаєляної кислоти – за Єнгфельдом у модифікації

С. М. Лейтеса та А. І. Одиної, глюкози – методом Хіварінена–Ніккіла, загального білка – рефрактометричним та біуретовим методом (Vlizlo et al., 2004).

Кількість амілолітичних, целюлозолітичних та протеолітичних мікроорганізмів визначали шляхом висіву розведеного до  $10^6$  вмісту рубця на елективне середовище за Р. У. Provos, R. N. Dotsch, по R. F. Hungate, та за R. S. Fulganum W. E. Moore (Chumachenko et al., 1989). Інкубування амілолітичних та протеолітичних мікроорганізмів проводили впродовж трьох діб, целюлозолітичних – впродовж трьох тижнів в анаеростатах Аристовського у термостаті, за температури 37–39 °С. Колонії мікроорганізмів підраховували за допомогою спеціального лічильника бактерій.

Амінокислотний склад маси мікроорганізмів визначали на амінокислотному аналізаторі ААА-339.

Визначення вмісту основних класів ліпідів у зразках молока проводили методом атомно-десорбційної мас-спектрометрії (PDMS) на мас-спектрометрі виробництва «МСБХ» в умовах відділу № 20 Інституту прикладної фізики НАН України (м. Суми). Задля визначення вмісту ліпідів використовували значення молекулярної маси (M/z) та інтенсивності піків квазі-молекулярних іонів (КМІ), які відповідають зазначеним речовинам. Інтенсивність КМІ

виражали в каунтах.

Результати досліджень оброблені статистично за допомогою комп'ютерної програми. Визначали середню арифметичну (M), статистичну помилку середньої арифметичної (m), вірогідність різниці (p) між середніми даними за критерієм вірогідності (t) Стьюдента. Різницю між двома величинами вважали вірогідною за  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ .

Під час проведення експериментальних досліджень дотримуватися міжнародних вимог щодо захисту тварин від жорстокого поводження.

### Результати досліджень та обґрунтування

В результаті проведених досліджень нами встановлено, що зміна співвідношення кормів у раціоні корів впливає на рубцеву ферментацію. Зміна співвідношення в раціоні тварин зернових концентратів по поживності з 10 % до 30 %, а трав'яних гранул з 30 % до 10 % сприяло активації синтезу летких жирних кислот в рубці. Водночас підвищується кількість мікроорганізмів у вмістимому рубця і їх специфічна активність, що співпадає з даними дослідників, які вказують на активацію процесів рубцевої ферментації, за умов використання різноманітних добавок в годівлі тварин. Про активацію течії процесів рубцевої ферментації свідчить вміст ЛЖК у рубці (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст ЛЖК у рубці та їх співвідношення ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Показники	Період досліду	Групи тварин		
		I	II	III
Концентрація ЛЖК у рубці, (Ммоль/100 мл)	Початок досліду	7,54±0,52	7,56±0,48	7,52±0,36
	I місяць	7,92±0,26	7,98±0,52	8,24±0,42
	II місяць	7,96±0,32	8,36±0,44	8,78±0,48*
	III місяць	7,86±0,34	8,94±0,36	9,26±0,18
у т.ч. в М %:				
Оцтова кислота	Початок досліду	63,96	64,02	63,92
	I місяць	60,84	65,14	66,36
	II місяць	61,26	66,48	68,54*
	III місяць	61,08	67,92	69,86*
Пропіонова кислота	Початок досліду	15,64	15,72	15,56
	I місяць	15,86	16,46	16,94
	II місяць	16,02	17,52	18,36*
	III місяць	15,94	17,98	19,24*
Масляна кислота	Початок досліду	15,26	15,34	15,42
	I місяць	15,32	15,56	15,84
	II місяць	15,94	16,26	16,72
	III місяць	15,66	16,34	16,98

Примітка:  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$  у порівнянні з контрольною групою.

Необхідно вказати, що підвищення енергетичної забезпеченості раціону за рахунок зернових концентратів до 30 % і зниження трав'яних гранул до 10 % суттєво вплинуло на співвідношення легких жирних кислот, вміст яких коливався від  $7,54 \pm 0,52$  до  $7,96 \pm 0,32$  Ммоль/100 мм. Із загальної кількості ЛЖК у вмісті рубця, частка оцтової кислоти, у тварин першої групи практично не змінилася впродовж дослідів і становила від 63,96 до 60,84 М %. В той же час, у тварин другої групи загальна кількість ЛЖК у рубці послідовно підвищувалася впродовж дослідів в 1,06, в 1,11 та в 1,18 раза у порівнянні з їх вмістом у рубці тварин на початку дослідів. Дана картина більш виразною була у тварин третьої групи. На початку дослідів загальний вміст ЛЖК у рубці тварин третьої групи був на рівні  $7,52 \pm 0,36$  Ммоль/100 мл. В послідуочому, впродовж трьох місяців дослідів, їх вміст підвищувався в 1,10 ( $p < 0,05$ ), в 1,17 та в 1,23 раза ( $p < 0,01$ ). Кількість оцтової кислоти у вмісті рубця тварин другої групи виявився

впродовж дослідів в 1,07, в 1,09 та в 1,11 раза більше, ніж у корів першої групи ( $p < 0,05$ ). Значно більше виявився вміст оцтової кислоти у рубці корів третьої групи. У порівнянні з тваринами першої групи даний показник був у період дослідів в 1,09, в 1,12 та 1,14 раза більше у вмісті рубця корів третьої групи. Водночас необхідно відмітити і тенденцію підвищення кількості масляної кислоти у вмісті рубця корів другої та третьої груп. Однак, у крові тварин цих двох груп нами не встановлено вірогідного підвищення вмісту кетонів тіл у крові. Підвищення вмісту ЛЖК у рубці тварин дослідних груп (другої та третьої груп) стало можливим за рахунок підвищення кількості мікроорганізмів. Кількість амілолітичних мікроорганізмів у рубці корів першої групи коливалася від  $3,86 \pm 0,24$  до  $3,94 \pm 0,26$  млн/мл. У тварин другої групи (табл. 3) підвищилася до кінця першого місяця дослідів в 1,12 раза, другого – в 1,18 раза ( $p < 0,01$ ), а третьої – в 1,22 раза ( $p < 0,01$ ).

Таблиця 3. Кількісний склад та ферментативна активність мікроорганізмів рубця ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Показники	Період дослідів	Групи тварин		
		I	II	III
Кількість мікроорганізмів, млн/мл:				
- амілолітичних	Початок дослідів	$3,86 \pm 0,24$	$3,82 \pm 0,22$	$3,78 \pm 0,36$
	I місяць	$3,92 \pm 0,32$	$3,98 \pm 0,42$	$4,42 \pm 0,44^*$
	II місяць	$3,78 \pm 0,28$	$4,36 \pm 0,38$	$4,96 \pm 0,38^*$
	III місяць	$3,94 \pm 0,26$	$4,54 \pm 0,28$	$5,02 \pm 0,34^*$
- протеолітичних	Початок дослідів	$10,24 \pm 0,86$	$10,14 \pm 0,72$	$10,08 \pm 0,42$
	I місяць	$9,96 \pm 0,72$	$11,36 \pm 0,86$	$11,88 \pm 0,56$
	II місяць	$10,12 \pm 0,64$	$11,88 \pm 0,54$	$12,44 \pm 0,66^*$
	III місяць	$10,08 \pm 0,82$	$12,32 \pm 0,46$	$13,02 \pm 0,38^*$
- целюлозолітичних	Початок дослідів	$2,56 \pm 0,12$	$2,52 \pm 0,14$	$3,02 \pm 0,16$
	I місяць	$2,68 \pm 0,16$	$3,02 \pm 0,22$	$3,94 \pm 0,22^*$
	II місяць	$2,54 \pm 0,24$	$3,36 \pm 0,28^*$	$4,42 \pm 0,18^{**}$
	III місяць	$2,72 \pm 0,18$	$3,72 \pm 0,32^*$	$4,96 \pm 0,32^{**}$
Специфічна активність мікроорганізмів				
Амілолітична активність, ум. ам. од.	Початок дослідів	$0,56 \pm 0,08$	$0,54 \pm 0,06$	$0,56 \pm 0,08$
	I місяць	$0,58 \pm 0,08$	$0,64 \pm 0,12^*$	$0,72 \pm 0,08^*$
	II місяць	$0,52 \pm 0,12$	$0,72 \pm 0,12^*$	$0,86 \pm 0,12^*$
	III місяць	$0,50 \pm 0,10$	$0,78 \pm 0,08^*$	$0,92 \pm 0,14^{**}$
Протеолітична активність, пр. од.	Початок дослідів	$2,36 \pm 0,12$	$2,42 \pm 0,14$	$2,38 \pm 0,16$
	I місяць	$2,44 \pm 0,22$	$2,78 \pm 0,18$	$2,94 \pm 0,24$
	II місяць	$2,32 \pm 0,18$	$3,12 \pm 0,22^*$	$3,56 \pm 0,32^{**}$
	III місяць	$2,52 \pm 0,24$	$3,46 \pm 0,22^*$	$4,24 \pm 0,28^{**}$
Целюлозолітична активність, %	Початок дослідів	$12,36 \pm 0,42$	$12,18 \pm 0,54$	$12,20 \pm 0,36$
	I місяць	$12,48 \pm 0,36$	$13,02 \pm 0,48$	$13,86 \pm 0,42$
	II місяць	$12,24 \pm 0,54$	$13,64 \pm 0,62$	$14,02 \pm 0,48^*$
	III місяць	$11,94 \pm 0,38$	$13,96 \pm 0,36$	$14,58 \pm 0,24^*$

Примітка: за  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$  у порівнянні з контрольною групою.

У тварин третьої групи підвищене забезпечення рівнем зернових концентратів сприяло росту кількості амілолітичних мікроорганізмів впродовж досліду в рубці в 1,12, в 1,31 та в 1,33 раза ( $p<0,01$ ). Підвищення кількості протеолітичних мікроорганізмів найбільш значною виявилась у тварин третьої групи: в 1,18, в 1,23 та в 1,30 раза ( $p<0,01$ ) у порівнянні з даним показником на початку досліду. Значним є той факт, що у тварин дослідних груп у рубці значно підвищується кількість та активність целюлозолітичних мікроорганізмів. У корів другої групи у вмістимому рубця кількість целюлозолітичних мікроорганізмів підвищується впродовж досліду в 1,13, в 1,32 та в 1,37 раза, а у корів третьої групи в 1,47, в 1,74 та в 1,82 раза у порівнянні з даним показником тварин першої групи ( $p<0,01$ ). Підвищення кількості

мікроорганізмів у вмісті рубця тварин дослідних груп вплинув на вміст їх загальної маси (табл. 3). Подібний ефект спостерігали дослідники, за умов введення в раціон ферментативних препаратів та зміни співвідношення кормів у раціоні. За нашими даними, у корів першої групи загальна маса мікроорганізмів становила  $0,1120\pm 0,01$  г/100 мл на початку досліду і не вірогідно змінювалася впродовж дослідного періоду. У тварин другої групи загальна маса мікроорганізмів рубця вірогідно підвищилася в кінці другого місяця досліду в 1,11 раза ( $p<0,05$ ) та в 1,16 раза ( $p<0,05$ ) в кінці третього місяця. У корів третьої групи маса мікроорганізмів у рубці до кінця першого місяця досліду підвищилася в 1,10 раза, в 1,18 та 1,22 раза ( $p<0,05$ ). Співвідношення різних кормів у раціоні корів вплинуло на амінокислотний склад вмістимого рубця (табл. 4).

Таблиця 4. Вміст основних амінокислот у вмістимому рубці корів у кінці досліду (мг/100 г,  $M\pm m$ )

Амінокислоти	Групи тварин		
	I	II	III
Метіонін	4,96 $\pm$ 0,52	5,78 $\pm$ 0,48	6,86 $\pm$ 0,36
Гістидин	6,92 $\pm$ 0,48	8,26 $\pm$ 0,36	8,72 $\pm$ 0,52
Лейцин	19,82 $\pm$ 0,42	19,56 $\pm$ 0,52	19,56 $\pm$ 0,48
Лізин	19,54 $\pm$ 0,26	21,88 $\pm$ 0,32	22,44 $\pm$ 0,54
Всього незамінних кислот	108,24 $\pm$ 1,32	119,24 $\pm$ 1,46*	122,06 $\pm$ 2,02*
Серин	12,90 $\pm$ 0,92	3,40 $\pm$ 0,96	14,20 $\pm$ 1,04
Аспаргінова кислота	22,40 $\pm$ 1,04	23,56 $\pm$ 1,52	24,42 $\pm$ 1,38
Тирозин	11,90 $\pm$ 0,80	13,86 $\pm$ 1,28	14,48 $\pm$ 1,56
Всього замінних амінокислот	133,42 $\pm$ 2,42	147,66 $\pm$ 1,96	152,24 $\pm$ 2,02*

Примітка: за  $p<0,05$ ;  $p<0,01$ ;  $p<0,001$  у порівнянні з контрольною групою.

Результати досліджень свідчать про підвищення вмісту амінокислот у мікробіальній масі рубця тварин дослідних груп. У корів першої групи у вмісті рубця всього незамінних амінокислот виявлено на рівні  $108,24\pm 1,32$  мг/100 мл. У корів другої групи вміст незамінних амінокислот виявився на 8,24 %, а у тварин третьої групи на 12,86 % більше, ніж у корів першої групи. Загальний амінокислотний пул вмісту рубця був у корів дослідних груп вірогідно більше, оскільки і замінних амінокислот в ньому виявлено на 10,0–10,8 % більше, ніж у тварин першої групи.

В період досліду поглинальна здатність тканин молочної залози корів другої та третьої груп переважала адсорбційну здатність тканин молочної залози тварин першої групи (табл. 5).

Використання сумарної фракції триацилгліцеролів по молочної залозі корів першої групи у період першого та другого місяців досліджень коливалось від 6,0 до 18,45 %, що було в 2,16–1,35 раза та в 2,31–1,24 раза менше, ніж у тварин другої та третьої груп ( $p<0,01$ ).

Така динаміка використання сумарної фракції триацилгліцеролів тканинами молочної залози в період досліду вплинула на вміст основних класів ліпідів у молоці корів (табл. 6). Встановлено, що в молоці корів другої та третьої груп вміст фосфорилхоліну був на 2,15–3,08 %, холестеролу – на 7,72–11,34 % ( $p<0,05$ ), сумарної фракції фосфоліпідів – на 12,07–12,38 % ( $p<0,05$ ), а сумарної фракції триацилгліцеролів – на 11,30–24,37 % ( $p<0,01$ ) більше, ніж у молоці корів контрольної групи.

Таблиця 5. Використання сумарної фракції триацилгліцеролів по молочній залозі корів у період досліджень ( $M \pm m$ ,  $n=5$ , каунти, %) 

Групи тварин	Артеріальна кров	Венозна кров	Артеріовенозна різниця (AB)	
			AB, каунти	AB, %
перший місяць лактації				
1	81,54±1,92	76,16±2,50	5,38±0,51	6,60
2	88,96 ±2,04	76,24±1,68	12,72±0,76	14,24*
3	92,16±1,86	78,12±1,72	14,04±0,82	15,23**
Середнє	87,52±1,94	76,84±1,97	10,71 ±0,69	12,02
другий місяць лактації				
1	81,32±1,36	66,32±1,56	15,00±0,50	18,45
2	89,66±1,54	67,36±1,82	22,34±1,12	24,92
3	92,14±1,82	69,34±2,02	22,80±0,56	24,74
Середнє	87,71±1,56	67,67±1,74	20,05±0,73	22,86

Примітка: \*\* $p < 0,01$  – у порівнянні з контрольною групою.

Таблиця 6. Вміст основних класів ліпідів у молоці корів, в середньому, за період дослідження ( $M \pm m$ ,  $n=5$ , каунти)

Групи тварин	Фосфорилхолін	Холестерол	Сумарна фракція фосфоліпідів	Сумарна фракція триацилгліцеролів
1	1652,96±11,02	1054,66±10,34	318,32±3,02	175,56±2,04
2	1688,42±8,34	1136,12±8,58	356,74±3,08	198,36±1,88*
3	1703,84±9,26	1196,42±9,32	394,12±2,96*	218,34±1,96*

Примітка: \*\* $p < 0,01$  – у порівнянні з контрольною групою.

Адсорбційна здатність тканин молочної залози корів відобразилася на молочній продуктивності корів. В середньому, від тварин контрольної групи отримано 1560 кг молока 4 % жирності, а від тварин другої та третьої груп – в 1,10–1,15 раза більше.

В перспективі дослідження з даного напрямку дозволять визначити вплив зміни співвідношення кормів у раціоні корів на забезпеченість тканин молочної залози попередниками для синтезу складових компонентів молока, активізувати процеси рубцевої ферментації та підвищити продуктивність тварин.

### Висновки

1. Зміна співвідношення кормів у раціоні сприяло активації синтезу легких жирних кислот у рубці корів дослідних груп, відповідно, в 1,06, в 1,11, в 1,18 ( $p < 0,05$ ) та в 1,10 ( $p < 0,05$ ), в 1,17 та в 1,23 раза ( $p < 0,01$ ) порівняно з початком дослідження, а у тварин контрольної групи даний показник практично не змінювався.

2. Кількість амілолітичних мікроорганізмів у

рубці корів першої групи коливалась від 3,86±0,24 до 3,94±0,26 млн/мл, а у тварин другої групи їх кількість підвищилася до кінця першого місяця дослідження в 1,12 раза ( $p < 0,05$ ), другого – в 1,18 раза ( $p < 0,01$ ), а третьої – в 1,22 раза ( $p < 0,01$ ).

3. Кількість целюлозолітичних мікроорганізмів у вмістимому рубці у корів другої групи підвищувався впродовж дослідження в 1,13, в 1,32 в 1,37 раза, а у корів третьої групи – в 1,47, в 1,74, в 1,82 раза у порівнянні з даним показником тварин першої групи ( $p < 0,01$ ).

4. Вміст незамінних амінокислот у вмістимому рубці корів другої та третьої груп виявився на 8,24–12,86 %, більше, ніж у корів першої групи, а загальний амінокислотний пул вмісту рубця – на 10,0–10,8 %.

5. Використання сумарної фракції триацилгліцеролів по молочній залозі корів першої групи у період першого та другого місяців дослідження коливалось від 6,0 до 18,45 %, що було в 2,16–1,35 раза та в 2,31–1,24 раза менше, ніж у тварин другої та третьої груп ( $p < 0,01$ ).

6. Адсорбційна здатність тканин молочної

залози відобразилася на молочній продуктивності корів, яка у тварин контрольної групи становила 1560 кг молока 4 % жирності, що в 1,10–1,15 раза менше, ніж продуктивність корів дослідних груп.

### References

- Bauman, D. E. & Grinari, J. M. (2002). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. In Mol, J. A. & Clegg, R. A. (Eds.). *Biology of the Mammary Gland (Advances in Experimental Medicine and Biology)*. Boston : Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/0-306>.
- Bauman, D. E., Perfield, J. W., Harvatine, K. J. & Baumgard, L. H. (2008). Regulation of fat synthesis by conjugated linoleic acid: lactation and the ruminant model. *J. Nutr.* 138, 403–409. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/138>.
- Chumachenko, V. Yu., Stoianovskyi, S. V. & Lahodiuk, P. Z. (1989). Dovidnyk po zastosuvanniu biolohichno aktyvnykh rehovyn u tvarynnystvii [Handbook on the use of biologically active substances in animal husbandry]. Kyiv : Urozhai [in Ukrainian].
- Chung, Y. H., Zhou, M., Holtshausen, L., Alexander, T. W., McAllister, T. A., Guan, L. L. ... Beauchemin, K. A. (2012). A fibrolytic enzyme additive for lactating Holstein cow diets: ruminal fermentation, rumen microbial populations, and enteric methane emissions. *J Dairy Sci.*, 95 (3), 1419–1427. doi: 10.3168/jds.2011-4552.
- Kambur, M. D., Zamazij, A. A. & Tretiakova, T. R. (2018). Vplyv umov utrymannia koriv na sekretoutvoriuiuchu funktsiiu tkanyn molochnoi zalozy [The influence of housing conditions on cows on the secretory function of breast tissue] *Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii vykladachiv, aspirantiv ta studentiv Sumskoho NAU* (Vol. 2) (p. 76). Sumy [in Ukrainian].
- Kambur, M. D., Zamazij, A. A., Kolechko, A. V. & Ostapenko, S. V. (2018). Vplyv proteyinovogo zabezpechennya tvaryn na rubcevu fermentaciyu ta produktyvnist [Influence of animal protein supply on scar fermentation and productivity]. *Veterynariia, tekhnolohii tvarynnystva ta pryrodokorystuvannia*, 1, 107–109 [in Ukrainian].
- Khairullyn, A., Letiahyn, A. & Molodkyn, V. (2020). Polnotsennoye kormleniye molochnoho skota – osnova realizatsii geneticheskogo potentsiala produktivnosti [Full-fledged feeding of dairy cattle is the basis for the realization of the genetic potential of productivity]. *Ahrovestnyk*, 5, 20–47 [in Russian].
- Medinger, R., Nolte, V., Pandey, R. V., Jost S., Ottenwaelder, B., Schlotterer, C. & Boenigk, J. (2010). Diversity in a hidden world: potential and limitation of the protozoa in the rumen next-generation sequencing for surveys of molecular diversity of eukaryotic microorganisms. *Mol Ecol.*, 19, 32–40. doi: 10.1111/j.1365-294X.2009.04478.x.
- Newbold, C. J., de la Fuente, G., Belanche, A., Ramos-Morales, E. & McEwan, N. R. (2015). The role of ciliate protozoa in the rumen. *Front Microbiol.* 6, 1313. doi: 10.3389/fmicb.2015.01313.
- Pappritz, J., Meyer, U., Kramer, R., Weber, E.-M., Jahreis, G., Rehage, J. ... Dänicke, S. (2011). Effects of long-term supplementation of dairy cow diets with rumen-protected conjugated linoleic acids (CLA) on performance, metabolic parameters and fatty acid profile in milk fat. *Arch. Anim. Nutr.*, 65, 89–107. doi: <https://doi.org/10.1080/174503>.
- Russel, J. B. & Rychlik, J. L. (2001). Factors that alter rumen microbial ecology. *Science*, 11, 1119–1122. doi: 10.1126/science.pmid:1058830.
- Sachuk, R. M., Katsaraba, O. A., Dmytriv, O. Ya. & Stravskyi, Ya. S. (2018). Diahnostyka metabolichnykh zrushen v orhanizmi koriv u period sukhostoiu ta rozrobka preventyvnykh zakhodiv [Diagnosis of metabolic changes in the body of cows during the dry period and the development of preventive measures]. *Naukovi horyzonty*, 9–10 (71), 69–74 [in Ukrainian].
- Schlegel, G., Ringseis, R., Windisch, W., Schwarz, F. J. & Eder, K. (2012). Effects of a rumen-protected mixture of conjugated linoleic acids on hepatic expression of genes involved in lipid metabolism in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95, 3905–3918. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.20>.
- Tyurenkova, E. N. & Vasilyeva, O. P. (2013). Kormleniye kak osnovnoy faktor produktivnogo dolgoletiya molochnoy korovy [Feeding is a key factor for lang productive life of a daire cow]. *Farm Animals.* 4, 42–54 [in Russian].
- Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S. & Makar, I. A. (2004). Fiziolohe – biokhimichni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnystvii ta veterynarii medytsyni [Physiological - biochemical research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine]. Lviv [in Ukrainian].
- Yablonskyi, V. A. (2014). Problema vidtvorennya tvaryn u novykh umovakh [The problem of reproduction of animals in new conditions]. *Veterynarna medytsyna Ukrainy*, 5, 24–27 [in Ukrainian].



UDC 684.4.04

**DIGITALIZATION OF PRODUCTS - UNIQUE OFFER TO ATTRACT CUSTOMERS  
AND EXPAND SALES MARKET**

**S. Kulman**

Article info

Received  
30.04.2020

Accepted  
24.06.2020

Zhytomyr  
National  
Agroecological  
University  
7, Saryi Blvd,  
Zhytomyr,  
10008, Ukraine

E-mail:  
[s\\_kulman@ukr.net](mailto:s_kulman@ukr.net)

***Kulman, S. (2020). Digitalization of products – unique offer to attract customers and expand sales market. Scientific Horizons, 07 (92), 88–97. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-88-97.***

*The trend of digital technology today is moving towards greater transparency, which indicates the growth of more accessible data in the supply chain. The latest technologies are changing the approach of companies to their assets, when the quality and price of goods increases due to improvements through digital capabilities, thus there are products that are improved by data. The effectiveness of the impact on consumers is determined by the advertising evaluation of the products being promoted and the argument in their favor. If the consumer does not find such an assessment and argumentation, then the effectiveness of advertising is significantly reduced. The purpose of the study, the development of a new way to promote goods on the market of advertising products. An advertising offer should radically differ from all the offers of competitors. That is, the uniqueness of the product is manifested to the consumer in the uniqueness of the description of its consumer properties. So the task of developing new ways of advertising product description is to make as detailed a portrait of it as possible. We called it the digitalization of consumer properties of goods. By the digitalization of a product (product), we mean the whole range of physical and mechanical characteristics of the product, which objectively evaluate its consumer qualities. The study presents digitalization processes for a particular class of building and structural materials, namely, wood-based composites. The methods we use are developed and verified in numerous studies based on several fundamental theories of theoretical and experimental physics and chemical kinetics and are protected by patents of Ukraine. The results of the study suggest that the created digital portrait of the studied materials has a unique description of their consumer properties, which creates the appearance of a market novelty product.*

**Key words:** digitalization of products, product promotion, durability forecasting, accelerated tests.

**ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ – УНІКАЛЬНА ПРОПОЗИЦІЯ ДЛЯ ЗАЛУЧЕННЯ  
КЛІЄНТІВ ТА РОЗШИРЕННЯ РИНКУ ЗБУТУ ТОВАРУ**

**С. М. Кульман**

Житомирський національний агроєкологічний університет  
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

*Тенденція поширення цифрових технологій нині рухається до більшої прозорості, що засвідчує зростання доступніших обсягів даних у ланцюжку постачання. Новітні технології змінюють підхід підприємств до своїх активів, коли якість і ціна товарів зростає завдяки вдосконаленню через цифрові можливості. Ефективність впливу на споживачів визначається оцінкою, яка міститься в рекламі*

товарів, що просуваються з аргументацією в їх користь. Мета дослідження полягає у розробці нового способу просування товару на ринку рекламних продуктів. Застосовувані методи розроблені і верифіковані в численних дослідженнях, заснованих на кількох фундаментальних теоріях теоретичної і експериментальної фізики і хімічної кінетики і захищені патентами України. Рекламна пропозиція має кардинально відрізнятись від усіх пропозицій виробників конкурентів. Тобто унікальність товару проявляється для споживача в унікальності опису його споживчих властивостей. Основне завдання розробки нових способів рекламного опису товару полягає в тому, щоб зробити якомога більше його детальний портрет, тобто діджиталізацією споживчих властивостей товару. Під діджиталізацією продукту (товару) необхідно розуміти весь комплекс фізико-механічних характеристик товару, які об'єктивно оцінюють його споживчі якості. У дослідженні представлені процеси діджиталізації для окремого класу будівельних і конструкційних матеріалів, а саме, композитів на основі деревини. Результати дослідження дозволяють стверджувати про те, що створений цифровий портрет досліджуваних матеріалів володіє унікальністю опису їх споживчих властивостей, що створює вигляд товару ринкової новизни, що стане перспективним напрямом подальших досліджень.

**Ключові слова:** діджиталізація продукції, просування товару, прогнозування довговічності, прискорені випробування.

### Вступ

Майбутнє вже настало. За словами нинішнього генерального директора корпорації Майкрософт Сат'я Наделла цифровізація за час пандемії коронавірусу просунулася до кордонів, досягнення яких планувалося отримати тільки через три роки.

Четверта промислова революція передбачає чотири найважливіші результати для бізнесу в усіх галузях, а саме: очікування споживачів змінюються; дані вдосконалюють якість продукції, а це підвищує продуктивність активів; виникають нові партнерські зв'язки, оскільки компанії починають розуміти значення нових форм співпраці; операційні моделі трансформуються в нові цифрові моделі (Schwab, 2016). Споживачі-індивіди (B2C, Business-to-Customer, бізнес для споживача) і споживачі-підприємства (B2B, Business-to-Business, бізнес для бізнесу) дедалі більше занурюються в центр цифрової економіки, де визначаються способи обслуговування. Очікування споживача зазнають переосмислення у формі досвіду.

Саме здатність перехоплювати різноманітні джерела даних – від особистих до промислових, від пов'язаних зі способом життя до поведінкових – забезпечує дуже тонкими і деталізованими висновками щодо процесу придбання товарів. Ці процеси нещодавно неможливо було уявити. У наш час дані та кількісні показники надають особливо важливу інформацію про потреби та поведінку споживача у режимі псевдореального часу. Це впливає на рішення щодо продажів.

Тенденція поширення цифрових технологій рухається до більшої прозорості, що засвідчує

зростання доступніших обсягів даних у ланцюжку постачання. Ось чому виникає більше можливостей для об'єданого зіставлення якості товарів. Одним клацанням мишки чи рухом пальця споживачі вмить переходять від одного товаровиробника до іншого. Компанії більше не можуть ухилитися від відповідальності за незадовільні експлуатаційні характеристики продукту. Репутаційний капітал важко здобути й легко втратити. У прозорому світі ця тенденція лише посилюватиметься.

Новітні технології змінюють підхід підприємств до своїх активів, коли якість і ціна товарів зростає завдяки вдосконаленню через цифрові можливості, таким чином з'являються виробни, удосконалені даними (Schwab, 2018).

Ми не будемо торкатися колаборативних інновацій та нових операційних моделей, зупинимось тільки на перших двох з вищезгаданих аспектів глобальної цифровізації (діджиталізації), об'єднаємо ці два аспекти зміни умов ведення бізнесу в дослідження нових способів просування товарів на ринку. Постараємося запропонувати відмінні від існуючих способів просування товару, які зможуть показати (відобразити) з такого, зрозумілого споживачеві боку, щоб споживач зміг переконатися в тому, що саме цей продукт найвигідніший для нього. Мета дослідження, розробка нового способу просування товару на ринку рекламних продуктів.

У сучасному маркетингу розрізняють обмежене число способів просування товару. На ці запитання відповідає комунікативна політика в маркетингу. Ми розглянемо тільки рекламу і

визначимо нові можливості, які може дати діджиталізація, з точки зору створення унікального рекламного образу товару.

Ефективність впливу на споживачів визначається оцінкою що міститься в рекламі товарів і аргументацією на їх користь. У будь-якому випадку в рекламному зверненні має міститися якась унікальна пропозиція для споживача, де говориться: «Купи пропонований товар, і ти отримаєш цю специфічну вигоду».

Рекламна пропозиція має кардинально відрізнятись від усіх пропозицій конкурентів. Її унікальність може бути пов'язана з унікальністю якогось товару, або цільового ринку, або самого рекламного звернення. Без унікальності пропозиції не варто розраховувати на унікальність попиту.

На скільки років ви купуєте вікна? Як зазвичай відповідаючи на таке питання споживача менеджер з продажу відповідає, мінімум сорок років, що розуміється іноді по-різному, від «умовних років експлуатації», до «гарантійного терміну на пластиковий профіль». Відбувається підміна понять, випробування полівінілхлоридного профілю на старіння без навантаження представляють як довговічність металопластикових вікон.

Однак, в наших ГОСТ немає ні методик випробувань вікна з ПВХ профілів як єдиної конструкції, ні обов'язків це робити виробнику. Дуже часто поняття стійкості матеріалу до тих чи інших дій підміняється поняттям довговічності. Тим самим методично неправильно об'єднуються в одне поняття стійкість власне матеріалу (його зразків) у певних стандартних умовах і довговічність конструкції, виготовленої із застосуванням цього матеріалу, за зовнішніх впливів на нього. Все б непогано, але в ГОСТ 30673-99 відсутня згадка про експлуатаційні властивості ПВХ профілю, ймовірно, тому, що самі по собі ПВХ профілі не експлуатуються.

Особливість перерахованих вище нормативних документів полягає в тому, що методично матеріали, деталі і вузли з них у ході випробувань знаходяться в ненапруженому стані, тобто не відчувають всього комплексу експлуатаційних впливів, як того вимагає ГОСТ 27.002-89. Тому в цьому випадку показники будуть значати не довговічність, а просто стійкість до старіння.

Цікаво, що в разі віконних блоків дерев'яних зі склопакетами (ГОСТ 24700-99) про

довговічність дерев'яних брусків-профілів мова так само не йде.

Тобто унікальність товару проявляється для споживача в унікальності опису його споживчих властивостей. Значить завдання розробки нових способів рекламного опису товару полягає в тому, щоб зробити якомога більше його детальний портрет. Ми назвали це діджиталізацією споживчих властивостей товару.

Користуючись розробленими нами методиками проведення натурних випробувань, ми можемо розповісти про продукт (товар) досить багато і з тих нових сторін, для опису яких потрібно мати спеціальні методики і випробувальні стенди.

Споживача як правило цікавить термін придатності товару, тобто його ресурс, а також як продукт буде поводити себе протягом всього життєвого циклу. Чи буде він виконувати всі функції протягом всього терміну служби, і наскільки тривалими є гарантійні зобов'язання, а також чим фактично вони підтверджуються. Особливо, якщо продукт на ринку абсолютно новий або виробник його також новий.

На всі ці питання ви як виробник не зможете дати відповідь, якщо не проведете спеціальних фізико-механічних випробувань, пов'язаних з дослідженнями продукції на довговічність і тривалу міцність. Для того щоб відповісти на всі ці питання, нами розроблені спеціальні методики, які захищені патентами України.

Під діджиталізацією продукту (товару) ми будемо розуміти весь комплекс фізико-механічних характеристик товару, який об'єктивно оцінює його споживчі якості. Права споживачів захищаються законом, але закон не визначає споживчі якості товару. Ці споживчі якості пропонується представляти у вигляді об'єктивних (тобто не залежать від виробника) технічних характеристик, очікуваних споживачем при придбанні товару.

Як авторське право може бути верифіковане лише в судовому порядку, так само і споживчі якості, заявлені виробником товару, повинні виявлятися в ході судового аналізу. І в цьому випадку товар повинен бути описаний таким чином, щоб повною мірою (найбільш можливим чином) захистити виробника від зайвих вимог споживача. Тобто товар повинен бути оцифрований так, щоб жоден споживач не зміг спростувати або поставити під сумнів його споживчі якості.

Розглянемо наші рішення щодо діджиталізації окремого класу будівельних і конструкційних матеріалів, а саме, композитів на основі деревини (ДК). При цьому, можна з великим ступенем ймовірності стверджувати, що висновки, отримані нами при їх діджиталізації, будуть аналогічними (і можуть бути з великою ймовірністю верифіковані і для деревини та матеріалів на її основі, тобто для «інженерної деревини» по термінології Євросоюзу). Водночас, ми повинні відповісти на питання, які методики повинні бути застосовані для найбільш повного опису конкурентних властивостей продукту.

### Матеріали та методи

Компанія Kronospan UA Ltd. для цього дослідження надала три типи стружкових плит (СП) з деревини, що зв'язані формальдегідною смолою (UF): СП з облицьованим меламіном (MF

PB) згідно із EN 14322; шпоновані СП (VF PB) згідно із EN 316, EN 622-5 та СП P2 (P2 PB) згідно із EN 312 – тип P2; EN 13501-1: клас D-s1, d0. З кожного типу плит дві плити звичайного розміру (2750 мм X 1830 мм) товщиною 18 мм розрізали на зразки 450 мм (довжина) X 50 мм (ширина). Перед розкромом панелі зберігали у приміщенні для кондиціонування за температури 20 °C та 65% відносної вологості. Статичні випробування на триточковий вигин були проведені на універсальній випробувальній машині P5-2M. Зразки були підготовлені і вирізані відповідно до ASTM D 1037-99. Вимірювали навантаження та відхилення, MOR та MOE були розраховані згідно з розділом 9 в ASTM D 1037-99. Досліджувані температури становили 20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C і 100 °C. Досліджений вміст вологи (МК) становив 6%, 8%, 9%, 11% та 15%. Досліджувана швидкість деформації – 2 мм/хв.

Таблиця 1. Властивості СП, що використовуються при дослідженнях

Тип плити	Щільність <sup>d</sup> kg/m <sup>3</sup>	Товщина <sup>d</sup> mm	MOR <sup>d</sup> MPa	MOE <sup>d</sup> MPa
MF PB <sup>a</sup>	757 ± 7	18.1 ± 0.1	17.1 ± 1.1	2 110 ± 29
VF PB <sup>b</sup>	792 ± 8	18.5 ± 0.1	20.5 ± 1.9	2 520 ± 15
P2 PB <sup>c</sup>	733 ± 6	18.1 ± 0.1	16.2 ± 0.6	2 020 ± 22

Примітки: <sup>a</sup> MF PB – Melamine Faced Particleboard (ламінована стружкова плита).

<sup>b</sup> VF PB – Veneered Faced Particleboard (шпонована стружкова плита).

<sup>c</sup> P2 PB – Particleboard according to EN 312, type P2 (стружкова плита шліфувана).

<sup>d</sup> Товщина, щільність, межа міцності (MOR) та модуль пружності (MOE)

вимірювалися за вологості повітря 65 % RH, температурі – 20 °C та вологості плит 5%.

Застосовувані нами методи розроблені і верифіковані в численних дослідженнях, заснованих на кількох фундаментальних теоріях теоретичної і експериментальної фізики і хімічної кінетики.

Перша група методів діджиталізації заснована на застосуванні фундаментального закону Арреніуса, який в узагальненому вигляді пов'язує зміну швидкості фізико-хімічних властивостей твердих тіл від температури. Ми застосували цей феномен (закон) для пояснення (опису) того, як поведуться деревина і композити на її основі при зміні зовнішньої термо-волого-силового навантаження, тобто при зміні не тільки температури, але і вологості, що для деревини та деревних композитів має більше значення, ніж тільки температура.

Друга група методів діджиталізації пов'язана з дослідженнями довговічності матеріалів і конструкцій та заснована на кінетичній теорії

міцності твердих тіл, заснованими якої є академіки Іоффе і Журков. Саме ця школа СПб фізико-технічного інституту була і залишається однією з найбільш визнаних у світі у питаннях, пов'язаних з прогнозуванням довговічності (тривалої міцності) конструкційних матеріалів. Прискорені методи випробувань, розроблені для металів і полімерів (Grabar, 2002) лягли в основу методології застосування термоактиваційного аналізу до досліджень довговічності таких матеріалів, як деревина і деревні композити. Це дало можливість розробити і верифікувати методики прогнозування довговічності. Так, наприклад, на замовлення меблевої компанії «Меркс» нами були виконані дослідження довговічності кутових меблевих з'єднань корпусних меблів, які дозволили нам обґрунтувати спеціальну методику, яка захищена патентом України. Розвиток цієї методики призвів до можливості не тільки графічного

визначення термоактивационного параметра, як це практикувалося раніше, але визначати їх аналітичним шляхом на основі дослідних даних, що дозволило знизити трудомісткість і підвищити точність.

Знаючи, що міцнісні властивості деревини і деревних композитів у значній мірі залежать від вологості, нами була розроблена експрес-методика прогнозування довговічності виробів з деревини та деревних композиційних матеріалів з урахуванням їх вологості.

Третьою групою методик прогнозування поведінки конструкційних матеріалів стало дослідження матеріалів при їх циклічному навантаженні. При дослідженні втомного руйнування матеріалів за циклічного навантаження нами було розроблено кілька математичних моделей, кожна з яких адекватно описувала поведінку навантажених матеріалів у часі. Одна з них створена на підставі застосування принципу максимуму виробництва ентропії, друга використовує застосування термопружного ефекту для визначення допустимої міри пошкодження матеріалу, і враховує перехід матеріалу при втомному руйнуванні зі стаціонарного стану в режим із загостренням.

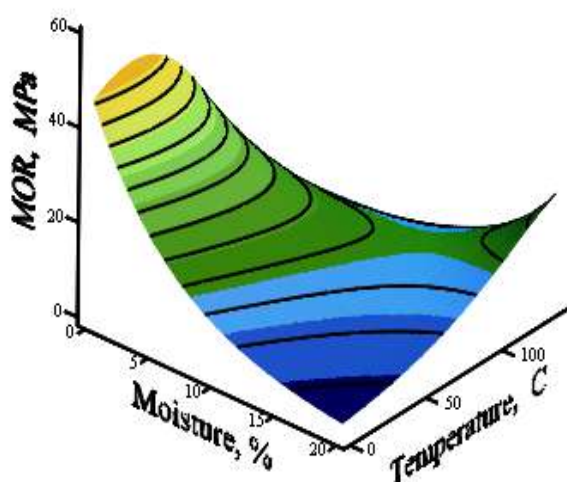
Четверта група методик пов'язана з прогнозуванням тривалої міцності при повзучості

розроблена на підставі принципів хімічної (формальної) кінетики (Kulman, 2020). Вона заснована на багатостадійну переході окремих елементів структури матеріалу з пружного стану, послідовно через інші реологічні його стану (в'язкопружне, пластичне тощо) в зруйноване. Визначаючи константи швидкості переходу на підставі даних, отриманих шляхом проведення досліджень, створюється цифровий портрет поведінки у вигляді системи лінійних диференціальних рівнянь.

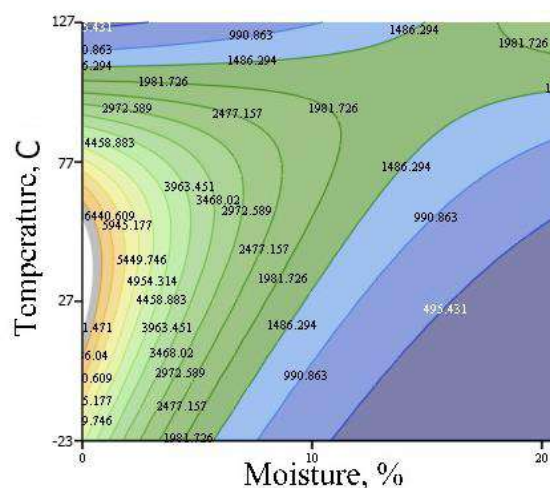
П'ята група методик заснована на математичних моделях, які побудовані в результаті застосування перших чотирьох і полягає в способі оптимізації механічних систем.

### Результати досліджень і обговорення

Феноменологічна модель міцності (MOR) і жорсткості (MOE), представлена на рис. 1, графічно обмежена в змінних координатах поверхні другого порядку, граничної поверхні міцності і жорсткості. Геометрично це гіперболічний параболоїд. Він утворений нелінійними членами в рівняннях математичної моделі та характеризує взаємодію температури та вологи на властивості міцності та жорсткості матеріалу.



а)



б)

Рис. 1. Приклади графічного уявлення феноменологічної моделі стружкових плит в залежності від умов їх експлуатації: а) гранична поверхні міцності ламінованих; б) контурні графіки жорсткості шпонованих плит (Kulman et al., 2019a)

На основі результатів випробувань були визначені постійні члени феноменологічної моделі, які адекватно описують міцність і жорсткість СП при зміні зовнішніх впливів у

широкому діапазоні. Створений метод дозволяє значно скоротити час, необхідний для випробування, та визначити показники міцності матеріалу при зміні термо-волого-силових

навантажень і дає змогу оцінити збереження міцних властивостей нових матеріалів та прогнозувати міцність у роботі вже створених структур.

Тобто методика дозволила отримати низку нових, унікальних властивостей досліджуваних матеріалів, виявити які інакше було неможливо. Це дає можливість прогнозування поведінки матеріалів за зміни умов їх експлуатації.

Основні результати за другою методикою (Kulman et al., 2017d) дозволили доповнити

цифрову картину властивостей досліджуваних матеріалів і дати можливість прогнозування їх поведінки протягом усього життєвого циклу.

Використовуючи параметри термоактивації, отримані в результаті експериментів, можна оцінити зміну властивостей згинання СП у часі. Наприклад, на рис. 3а, 3б, зображено графіки залежності довговічності при опорі згину різних типів СП, залежних від одного з різноманітних зовнішніх факторів з відносною сталістю двох других.

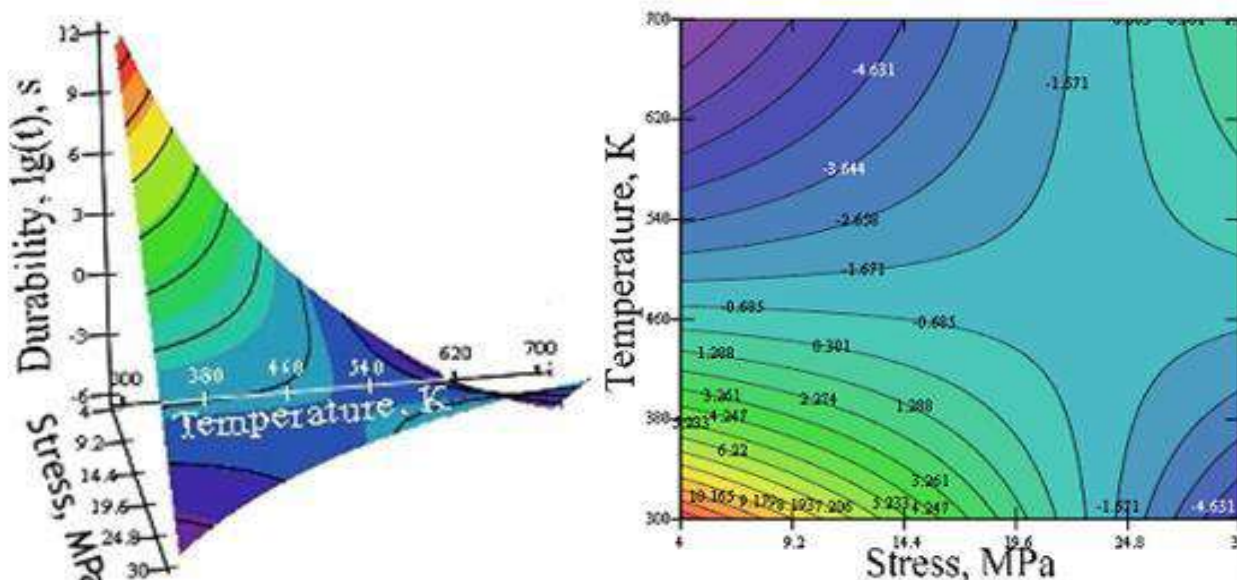


Рис. 2. а) Графічне зображення залежності довговічності (durability) від напруження (stress) і температури у вигляді поверхні другого порядку гіперболічного параболоїда; б) контурні ділянки міцності на вигин при щільності MF PB 750 кг/м<sup>3</sup>

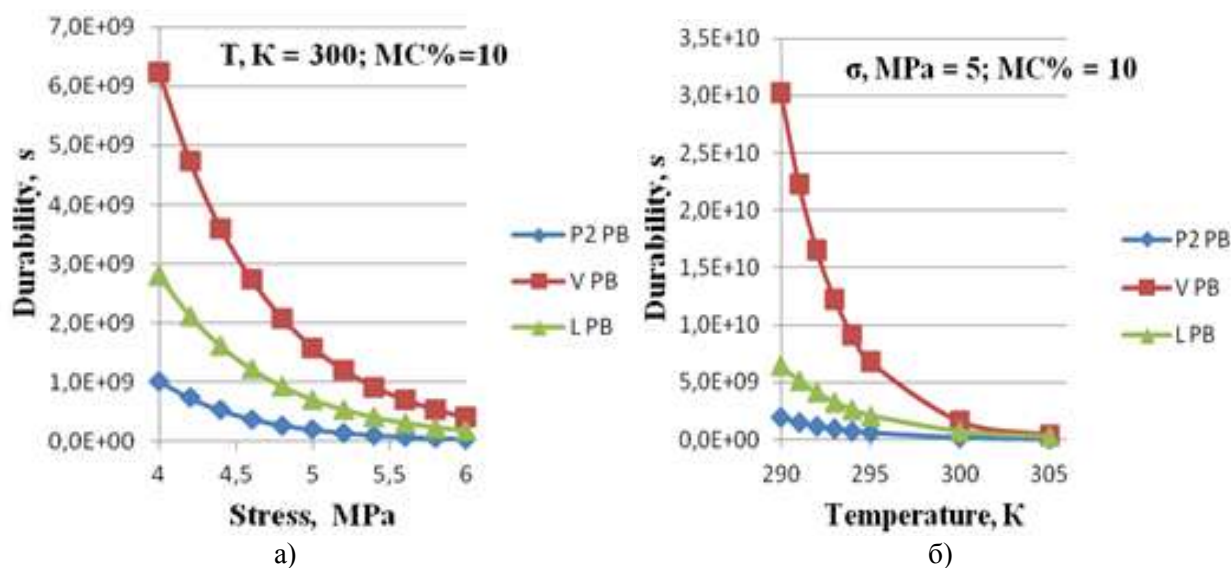


Рис. 3. Залежність довговічності різних типів СП від зовнішнього навантаження: а) ( $\sigma \in 4 \dots 6$  МПа;  $T = 300$  К;  $MC = 10\%$ ); б) ( $T \in 290 \dots 305$  К;  $\sigma = 5$  МПа;  $MC = 10\%$ )

Аналіз графіків дозволяє врахувати, який із зовнішніх факторів має найбільший вплив на значення цільової функції. На основі графіків можна стверджувати, що довговічність ламінованих плит більш ніж удвічі більша, ніж

довговічність не покритих СП і вдвічі більша, ніж у СП, облицьованої натуральним шпоном. На рис. 4 графічна форма показує вплив вологості СП на його міцність за постійних температур та навантаженні.

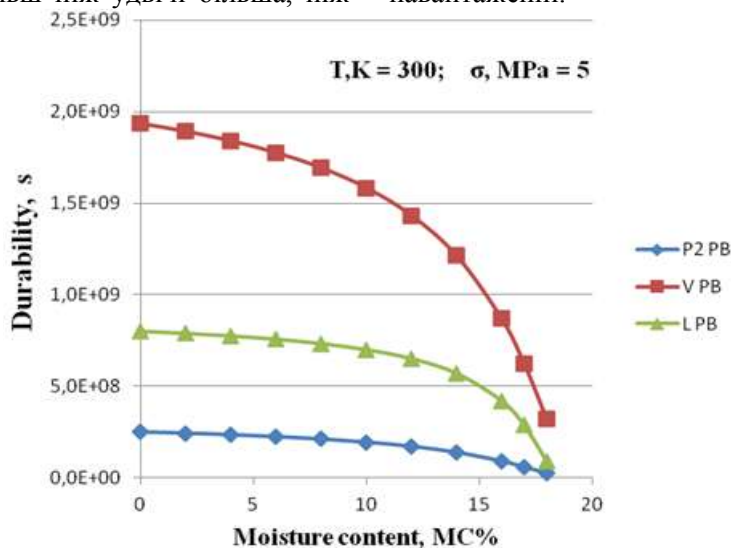


Рис. 4. Залежність довговічності різних типів СП від вологості матеріалу ( $\sigma=5 \text{ MPa}$ ;  $T = 300 \text{ K}$ ;  $MC\% = 0 \dots MCm$ )

Створена методика дозволяє значно скоротити час, необхідний для тестування. Метод дозволяє знайти параметри термоактивації матеріалу в межах зміни теплового та вологого навантажень. Таким чином, стає можливим оцінити тривалість міцнісних властивостей нових матеріалів та передбачити довговічність експлуатації вже створених конструкцій. Результати дослідження за третьою методикою дозволили створити унікальний цифровий

портрет поведінки плитних матеріалів на основі деревини при циклічному навантаженні (Kulman et al., 2019c).

Типовий характер температури стаціонарного стану  $T_s$  як функції від частоти, згідно з експериментом *in situ* і результатами комп'ютерних розрахунків, що змінюються в діапазоні 0–50 Гц за напруги  $Y_0 = 3,6 \text{ МПа}$ , представлена на рис. 5.

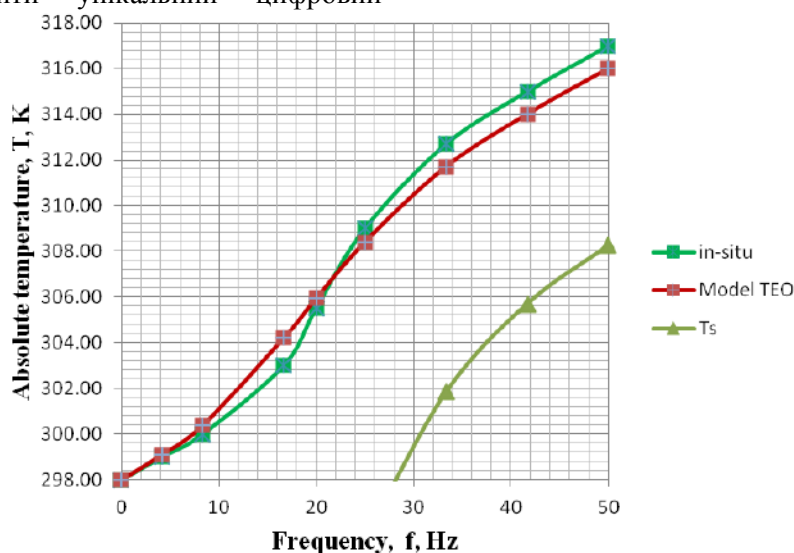


Рис. 5. Залежність температури стаціонарного стану зони активації  $T_s$  від частоти циклічного навантаження  $f$ , Гц за напруги  $M = 3,6 \text{ МПа}$

Характер залежності  $T_s$  від частоти  $f$  показує, що графік температури має характерну S-образну форму, яка проявляє властивість насичення. Однак за низьких частот циклічного навантаження температура повільно зростає, як і за високих частот. Найбільше підвищення температури стаціонарного стану відбувається в області середніх частот навантаження в досліджуваному діапазоні частот. Все це говорить

про наявність та значний вплив внутрішнього тертя в матеріалі на процеси внутрішньої деформації та поступове руйнування. Приклади повних кривих зміни температури в зоні активації за циклічного завантаження жорсткої консолі, з однаковою довжиною (однакова потужність навантаження) та різними частотами, зображені на рис. 6.

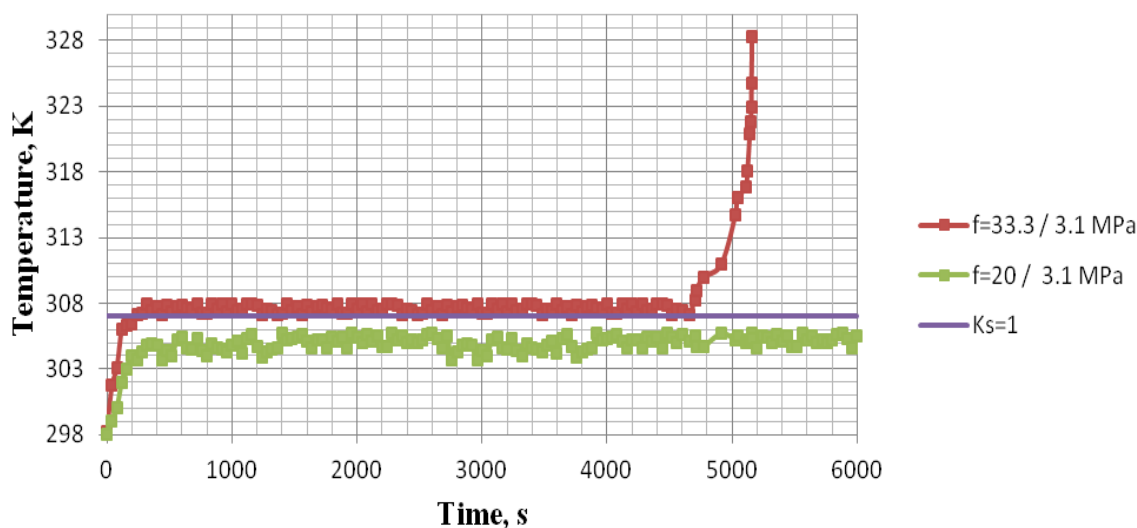


Рис. 6. Зміна температури зони активації за циклічного навантаження жорсткої консолі за різних частот навантаження:  $f = 20$  Гц і  $f = 33,3$  Гц і однакового напруження –  $Y_0 = 3,1$  МПа

Результати на рис. 6 показують, що за частоти навантаження  $f=20$  Гц, стаціонарний стан із середньою температурою зони активації  $T_s=303,6$  К залишався незмінним майже необмежений час. Хоча за частоти  $f=33,3$  Гц, стаціонарна температура  $T_s=308,3$  К підтримувалася протягом  $t = 4788$  с, а потім зростала. Результати проміжного струму, зміни температури під час переходу зони активації спочатку в нестационарний стан, а потім у режим загострення та руйнування. Запропоновано стаціонарний критерій системи, який дозволяє визначити рівень стійкості стаціонарного стану системи для кожного режиму завантаження та кожного матеріалу. Паралельно з повномасштабним експериментом був проведений обчислювальний експеримент за математичною моделлю у вигляді неадіабатичного термопружного осцилятора. Аналіз результатів експерименту in-situ та обчислювального експерименту дозволив сформулювати концепцію критичного показника (параметр порядку) при руйнуванні від втоми. Поведінка такої динамічної системи повністю визначається величиною параметра порядку.

Показано, що модель неадіабатичного термопружного осцилятора у вигляді системи трьох диференціальних рівнянь у часткових похідних може бути використана як основна нелінійна динамічна модель поведінки таких складних систем, як структурно неоднорідні середовища. Поведінка цих матеріалів адекватно описується динамічною системою диференціальних рівнянь, яка включає три змінні, а саме – напругу, деформацію та температуру.

Результати за четвертою методикою випробувань матеріалів на повзучість дозволили посилити цифровий портрет діджиталізації для прогнозування довговічності з альтернативної точки зору, а саме, за допомогою методів формальної кінетики (Kulman, 2019b). Результати основних випробувань, а також результати розрахунків кінетичних основних параметрів представлені у таблиці 2.

Результати контрольних випробувань шести груп проб, а також результати розрахунків контрольних кінетичних параметрів представлені в таблиці 3.

Таблиця 2. Результати експерименту. Час до руйнування і розрахункові значення констант швидкості руйнування для базової діаграми

Board type	Test conditions		Test results			
	Stress level (MPa)	Temperature (°C)	Creep life $t_{cr}$ (s)	$k_1$ (s <sup>-1</sup> )	$k_2$ (s <sup>-1</sup> )	$\alpha$
MF PB	12.8	20	457560 ± 7250 <sup>a</sup>	1.16E-05	2.69E-06	4.325
		60	302400 ± 3500	1.74E-05	4.08E-06	4.261
VF PB	15.4	20	1717000 ± 9500	3.07E-06	7.19E-07	4.273
		60	686556 ± 5600	7.94E-06	1.78E-06	4.453
P2 PB	12.1	20	283572 ± 850	1.88E-05	4.34E-06	4.331
		60	128700 ± 780	4.53E-05	9.38E-06	4.831

Примітка: <sup>a</sup>Інтервал довіри на рівні  $p = 0,05$ .

Таблиця 3. Результати експериментів, значення констант швидкостей двох стадій процесу деформування-руйнування та прогнозовані часи до руйнування для контрольної діаграми

Board type	Test conditions		Test results			
	Stress level (MPa)	Temperature (°C)	$k_{1k}$ (s <sup>-1</sup> )	$k_{2k}$ (s <sup>-1</sup> )	Creep life $t_{cr}$ (s)	
					Control diagram	Predict by model
MF PB	14.72	20	1.43E-05	3.30E-06	338933 ± 7500 <sup>a</sup>	372827 <sup>b</sup>
		60	1.82E-05	4.27E-06	262957 ± 5600	289252
VF PB	17.71	20	7.99E-06	1.87E-06	670000 ± 9800	660000
		60	1.19E-05	2.67E-06	504821 ± 5500	458928
P2 PB	13.97	20	2.50E-05	5.78E-06	234357 ± 6200	213052
		60	5.95E-05	1.23E-05	99000 ± 860	98000

Примітка: <sup>a</sup>Довірчий інтервал вказується на рівні  $p = 0,05$ .

<sup>b</sup>Результати прогнозування на основі середніх кінетичних коефіцієнтів.

Порівнюючи час до руйнування (creep life predict by model), розрахований на підставі констант швидкостей з фактичним часом до руйнування по контрольній діаграмі (creep life control diagram), можна бачити їх високу збіжність (Yapici et al., 2016). Це говорить про те, що запропонований метод прогнозування тривалої міцності може бути використаний для підвищення точності прогнозування працездатності керованих механічних систем (Melzerova et al., 2016).

Багатоетапний опис кінетики деформаційно-руйнівного характеру дозволяє врахувати зміну реологічного стану матеріалу під час його деформування (Goncalves et al., 2020). У той же час, стає можливим математично описати не тільки процес його руйнування, але і процес зцілення, що йде поряд з ним. Однак це питання потребує окремого розгляду і буде предметом подальших досліджень.

На основі аналізу результатів теоретичних та

експериментальних досліджень процесу деформування-руйнування деревних композиційних матеріалів можна зробити наступні висновки: застосування методу базових діаграм деформації у поєднанні з двоступеневим описом процесу накопичення пошкоджень дозволяє підвищити точність прогнозування допустимого часу за різних схем навантаження під час повзучості.

Тим ціннішим виявився висновок про те, що методики, засновані на термоактиваційному аналізі міцності, і методики, засновані на методах хімічної кінетики, сприяють близьким результатам прогнозування.

### Висновки

1. Чим точніше, повніше і достовірніше буде описаний (оцифрований) ваш товар, тим легше буде просувати його на ринку.

2. Чим більше конкурентних переваг вам вдасться представити в описі вашого товару, тим

більше буде його конкурентоспроможність. Одних рекламних заяв тут мало.

3. Виробник інтуїтивно розуміє (відчуває) всі переваги своєї продукції. Однак донести ці знання до споживача потрібно об'єктивно зрозумілою для нього мовою.

4. Діджиталізація створює точний цифровий портрет і проявляє незаперечні переваги товару.

5. Наші методики дозволяють виявити об'єктивні конкурентні переваги продукту, і створюють його точний і об'єктивний цифровий портрет у вигляді сукупності об'єктивних характеристик, його об'єктивних відмінних властивостей.

6. Шляхом проведення різних фізико-технічних випробувань ми створюємо цифровий портрет продукту у вигляді набору об'єктивних характеристик споживчих властивостей. Діджиталізація формує вигляд товару ринкової новизни.

Робота виконана в Житомирському національному агроекологічному університеті в рамках фундаментальних досліджень «Структурно-кінетичні моделі процесів деформування та руйнування деревних композиційних матеріалів, 2016», та НДДКР № 0119U100099 «Розробка и дослідження нових деревних композиційних матеріалів, 2019–2021».

### References

Bloki okonnyie derevyannyye so steklopaketami (1999a). [Tehnicheskyye usloviya. Windows of wood with glassing units]. GOST 24700-99. Moskva: Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

Goncalves, C., Pereira, J., Paiva, N. T., Ferra, J. M., Martins, J., Magalhaes, F. D. ... Carvalho, L. (2020). A study of the influence of press parameters on particleboards' performance. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78 (2), 333–341. doi: <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01507-y>.

Hrabar, I. H. (2002). Termoaktyvatsiynyi analiz ta synerhetyka ruynuvannia [Thermoactivation analysis and synergetics of destruction]. Zhytomyr:

ZhITI, 2002 [in Ukrainian].

Kotler, P. & Armstrong, G. (2014). *Principles of Marketing*. Edinburgh: Pearson.

Kulman, S., Boiko, L., Hurova, D. & Sedliačik, J. (2019a). The effect of temperature and moisture changes on modulus of elasticity and modulus of rupture of particleboard. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 61 (1), 43–52. doi: <https://doi.org/10.17423/afx.2019.61.1.04>.

Kulman, S., Boiko, L., Pinchevska, O. & Sedliačik, J. (2017d). Durability of wood-based panels predicted using bending strength results from accelerated treatments. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 59 (2), 41–52. doi: <https://doi.org/10.17423/afx.2017.59.2.0>.

Kulman, S. M. (2019b). Basic Models of Deformation-Destruction Kinetics of Wood-Based Composites. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29 (7), 134–141. doi: <https://doi.org/10.15421/40290727>.

Melzerova, L., Kucikova, L., Janda, T. & Šejnoha, M. (2016). Estimation of orthotropic mechanical properties of wood based on non-destructive testing. *Wood Research*, 61 (6), 861–870.

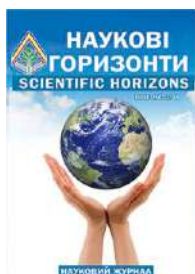
Nadezhnost v tekhnike. Osnovnyye ponyatiya. Terminy i opredeleniya (1989). [Industrial product dependability. General concepts Terms and definitions]. GOST 27.002-89. Moskva: Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

Profili polivinilchloridnyie dlya okonnyih i dvernyih blokov. Tehnicheskyye usloviya (1999b). [Polyvinylchloride profiles for windows and doors. Specifications]. GOST 30673-99. Moskva: Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.

Schwab, K. (2018). *Shaping The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.

Yapici, F., Şenyay, N. & Esen, R. (2016). Comparison of the multiple regression, ANN, and ANFIS models for prediction of MOE value of OSB panels. *Wood Research*, 61 (5), 741–754.



UDC 631.354:633.1

**THE EFFECTS OF THE WORKING ORGANS OF A VIBRATORY SEPARATOR  
ON WINTER WHEAT AND RYE DAMAGE AND QUALITY**

**D. Derevyanko<sup>1</sup>, V. Polischuk<sup>2</sup>, E. Sukmaniuk<sup>1</sup>, O. Derevyanko<sup>1</sup>**

Article info

Received

03.05.2020

Accepted

24.06.2020

*Derevyanko, D., Polischuk, V., Sukmaniuk, E., Derevyanko, O. (2020). The effects of the working organs of a vibratory separator on winter wheat and rye damage and quality. Scientific Horizons, 07 (92), 98–103. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-98-103.*

<sup>1</sup> Zhytomyr  
National  
Agroecological  
University  
7, Staryi Blvd,  
Zhytomyr,  
10008, Ukraine

<sup>2</sup> National  
University of  
Life and  
Environmental  
Sciences of  
Ukraine  
15, Heroiv  
Oborony Str.,  
Kyiv,  
03041, Ukraine

E-mail:

[derevyanko.dmytro](mailto:derevyanko.dmytro@gmail.com)

@gmail.com

The paper highlights the issue concerning the effects of the working organs of a vibratory separator on macro- and micro-damaging of winter crops seeds as well as on their quality. The goal of the research was to reduce the grain crops seeds damaging and to improve their quality at the technological processes stages of their preparing, starting from harvesting to sowing, by means of developing the highly productive and efficient technologies as well as by technical means and engineering developments. The method of mathematical simulation of the processes of bran processing as well as of preparing a high quality seed grains of wheat and rye were reasonably used in the process of the research. Theoretical calculations, differentiation, integration and graphical dependences show that the experimental, operational and laboratory results, under condition of using rubber, plastic and other materials for making or covering the working organs of a vibratory separator, contribute to reducing grain deformation, damaging, micro damaging in particular, and to quality improvement. It has been discovered that at the revolutions of a disk distributor of an air separator which moves at a starting speed of  $\omega$  up to 6 rad.  $c^{-1}$  and when the grains 0.03-0.06 gr in weight with a transverse diameter up to 5-6 mm get into it, their deformation and micro-damaging is minimal, that contributes to a high grain quality. Further research on improving the seeds quality indices by reducing grain damaging in the process of its preparation on the vibratory separator must be conducted in the interaction and in interconnection with other working surfaces and with their influence on deformation, micro-damaging, quality, yielding and grain gross output.

**Key words:** seeds, working organs, macro-damaging, simulation, deformation, quality, grain, micro-damaging, impulse of striking power, speed.

**ВПЛИВ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІБРОСЕПАРАТОРА НА ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ  
НАСІННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ТА ЖИТА**

**Д. А. Дерев'янюк<sup>1</sup>, В. М. Поліщук<sup>2</sup>, О. М. Сукманюк<sup>1</sup>, О. Д. Дерев'янюк<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Житомирський національний агроєкологічний університет  
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Стаття присвячена висвітленню питань впливу робочих елементів вібросепаратора на макро- і мікротравмування насіння озимих зернових культур та його якості. Метою досліджень є зниження травмування насіння зернових культур і покращення його якості на стадіях технологічних процесів

підготовки від збирання до сівби шляхом розроблення високопродуктивних і ефективних технологій і технічних засобів та конструкційно-технологічних розроблень. Важливими завданнями досліджень стало розроблення і обґрунтування математичних моделей ступеня травмування зернівок під час руху насіння робочими елементами пневмосепарувального пристосування вібросепаратора.

Дослідженнями обґрунтовано застосування методу математичного моделювання процесів оброблення зернового вороху і підготовки високоякісного насіннєвого матеріалу озимої пшениці та жита. Теоретичні розрахунки, диференціювання, інтегрування та графічні залежності показують, що експериментальні, виробничі та лабораторні результати при застосуванні гумових, пластикових та інших матеріалів для виготовлення або покриття робочих органів вібросепаратора, сприяють зменшенню деформації і травмування зернівок, особливо мікротравмування і покращують їх якість.

Встановлено, що при обертах диска розподільника пневмосепарувального пристосування, що рухається з кутовою швидкістю  $\omega$  до 6 рад.  $s^{-1}$  під час потрапляння на нього зернівок масою 0,03–0,06 г. з їх поперечним діаметром до 5–6 мм, їх деформація і мікротравмування є мінімальними, що сприяє високій якості. Подальші дослідження спрямовані на покращення якісних показників насіння зернових культур шляхом зниження травмування зернівок під час підготовки на вібросепараторі необхідно проводити у взаємозв'язку та взаємодії з іншими робочими поверхнями і їх впливом на деформацію, мікротравмування, якість, урожайність та валове виробництво зерна.

**Ключові слова:** насіння, робочі органи, макротравмування, моделювання, деформація, якість, мікротравмування, швидкість та імпульс сили ударяння.

### **Вступ**

Кількість виробленого зерна в Україні, що повинна становити більше 100 млн тонн у найближчі роки, суттєво впливає на економічний розвиток та стабільність і стратегію держави. Озимі зернові, зокрема пшениця, жито, ячмінь, та інші займають важливе місце у продовольчому забезпеченні населення та експортно-фінансовому підтриманні надійності державного бюджету. Дуже важливо отримати значні обсяги зернової продукції та високої якості, що, безумовно, залежить від якісних показників підготовленого насіннєвого матеріалу. Адже більша половина урожайності, а відповідно валового виробництва зерна, залежить саме від високоякісного насіння, за всіх інших сукупних факторів впливу. Тому метою даних досліджень було визначення впливу окремих робочих елементів вібросепаратора на травмування і особливо мікротравмування, що змінює якісні показники і формує урожай різних сортів озимої пшениці та жита.

Дослідження (Golovach et al., 2017) свідчать, що травмування, а особливо мікротравмування, зернових під час збирання сягають 25 % і навіть більше, а при післязбиральному очищенні, калібруванні та сортуванні насіння, до сівби ці показники зростають інколи навіть більше 70–75 %. За даними досліджень (Derevjiko et al., 2020; Zayets et al., 2017) під час технологічних процесів збирання, оброблення зернового вороху і

підготовки насіння макротравмування зернівок становить до 20 %, мікротравмування озимої пшениці інколи сягає 80 %, а озимого жита більше 90 %, що, безумовно, впливає на зниження якості насіння і відповідно урожайності дуже важливих та цінних зернових культур. Згідно з проведеними дослідженнями встановлено дію окремих робочих органів за всіх технологічних процесів підготовки насіння зернових культур на травмування, і особливо мікротравмування, що знижує його якість і, насамперед, схожість, від його напряму залежить урожайність наваловий збір зерна (Derevjiko et al., 2017; Zabrodin et al., 2019).

Дослідженнями встановлено, що при зіткненні зернівок з робочими поверхнями транспортувальних технічних засобів, зокрема гвинтових транспортерів, які при піднятті та притисненні витками гвинта в діапазоні  $\alpha=7-9^\circ$  і збільшеного кута нахилу або підняття до  $16^\circ$ , суттєво зростає інтенсивність мікротравмування (Derevjiko et al., 2019; Pascoe et al., 2015). Під час технологічних процесів підсушування насіння різних зернових культур, використання режимів з різними механічними впливами, витратами енергії, дією стресових умов, а саме температури, світла, окислення, в сукупності з механічними навантаженнями, створюються сприятливі умови для мікротравмування і зниження якості насіння (Mellmann et al., 2019; Suzuki et al., 2012; Xianrong et al., 2015; Zabrodin et al., 2019).

## Матеріали та методи

Метою дослідження є зниження макро- і мікротравмування насіння на всіх стадіях технологічних процесів підготовки від збирання до сівби шляхом модернізації, конструкційно-технологічних вдосконалень та розроблення високоефективних технічних засобів для комплексної реалізації цих процесів.

Для досягнення мети необхідно дослідити із врахуванням біологічних та фізико-механічних властивостей насіння, розроблення математичних моделей високопродуктивного і ефективного оброблення зернової купи, його фракційного розподілення з конструкційними удосконаленнями зниження мікротравмуваннями і покращення якісних показників, особливо схожості, що суттєво впливає на урожайність.

Експериментальним шляхом доведено, що більшість насіння з високими якісними показниками основної фракції з малою кількістю травмування утримується при використанні сортувальних решіт з діаметром отворів 2,6 мм під час його руху пневмосепарувальним каналом із швидкістю 7,5–8,0 м/с, порівняно із використанням решіт з більшими або меншими отворами, але з більшою швидкістю руху 9 м/с–10 м/с.

Встановлено, що при обертах пневмосепарувального пристрою  $n_p=50\text{--}100\text{хв}^{-1}$ , коефіцієнті тертя  $f=0,3$ , кутів нахилу секторів лопаток  $\alpha=30\text{--}45^\circ$ , довжині лопаток 135мм, сприятлива швидкість руху насіння робочим органом знаходиться в межах до 8 м/с, що мінімально діє на мікротравмування та сприяє отриманню якісного насіння.

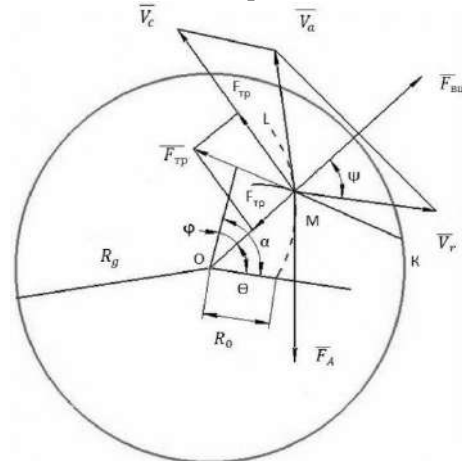
Експериментальні, виробничі та лабораторні дослідження проводилися на підприємствах Лісостепу та Полісся і України і в університетських лабораторіях із використанням технічних засобів, обладнання, натурних зразків на різних стадіях технологічного процесу підготовки насіння.

Виконано диференціальні рівняння, інтегрування і перетворення, застосовано програми сучасним комп'ютерних розрахунків, а також графічні зображення із використанням основних законів механіки.

## Результати досліджень та обговорення

Пройшовши аспіраційний канал конусного обладнання і горизонтальну поверхню

пневмосерувального пристрою вібросепаратора, насіння під час очищення потрапляє на диск розподільника, який направляє його на верхню циліндричне решето під дією відцентрової сили енергії. Схема пливу сил і кінематичних характеристик руху зернівок поверхню розподільника надана на рис. 1.



**Рис. 1. Шлях абсолютного і відносного руху насіння по розподільнику і сили, що впливають на зернівки під час відносного руху**

Примітка:

ML – шлях абсолютного руху зернівки, M;

MK – шлях відносного руху;

$V_a, V_r, V_c$  – абсолютна, відносна, переносна, швидкості руху зернівки;

$R_g$  – радіус розподільника;

$R_o$  – надходження зернівки на розподільник у початковий момент часу  $t_0$ ;

F – сили тертя, тяжіння, відцентрової інерції;  
 $\alpha$  – кутовий шлях зернівки під час абсолютного руху;

$\phi$  – кутовий шлях зернівки під час відносного руху;

Q – кутове переміщення насіння в абсолютному русі.

Методика академіка П. М. Василенка полягає у дослідженні руху матеріалу в абсолютній системі координат із врахуванням складності проєктування сил на осі координат і побудові диференціальних рівнянь відносного руху. Тому застосуємо її стосовно відносного руху зернівки на розподільнику, для чого оберемо полярну систему координат (R,Q) для дослідження абсолютного руху зернівки. Використовуємо рівняння Лагранжа другого роду для складання диференціальних рівнянь руху зернівок по диску розподільника.

У зв'язку з тим, що дана механічна система

має два ступеня вільності, то за узагальнені координати приймаємо  $R$  і  $Q$ , внаслідок чого матимемо таку систему диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} \ddot{R} - R(\omega_g - \dot{\varphi})^2 &= -fg \frac{\dot{R}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \\ R\ddot{\varphi} - 2\dot{R}(\omega_g - \dot{\varphi}) &= -fg \frac{R\dot{\varphi}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \end{aligned} \quad (1)$$

Вона може бути проінтегрована лише наближеними чисельними методами, а саме, за допомогою комп'ютера на базі методу Рунге-Кутта. Початкові умови можуть бути наступні:

$$\text{при } t = 0: R = R_0; \varphi = 0; \dot{R} = 0; \dot{\varphi} = 0$$

За розв'язком системи рівняння чисельними методами будемо графік функцій:  $\dot{R}(t)$ ,  $\dot{\varphi}(t)$ ,  $R(t)$ ,  $\varphi(t)$ , з якого знаходимо час  $T$  сходження зернівки з диска розподільника на решета, швидкість кутового переміщення  $\dot{\varphi}(T)$  у відносному русі зернівки по диску у момент часу  $T$ , радіальну швидкість  $\dot{R}(T)$  у момент часу  $T$ . Після цього з урахуванням виразу

$$\dot{\theta}(T) = \omega_g - \dot{\varphi}(T) \quad (2)$$

розраховуємо абсолютну швидкість руху насіння по розподільнику:

$$v_a(T) = \sqrt{[\dot{R}(T)]^2 + R_g^2 [\dot{\theta}(T)]^2} \quad (3)$$

Наступним необхідно дослідити зіткнення зернівки з робочою поверхнею циліндричного решета після сходження з диска. Для цього отриману абсолютну швидкість у виразі 3 позначимо через  $V$ , а враховуючи, що відстань від краю диска до комірок і поверхні решета дуже незначна, то погодимося, що швидкість сходження на решето аналогічна.

Для цього необхідно зробити аналіз системи ударної взаємодії зернівки з поверхнею циліндричного решета, що може створити умови мікротравмування, деформації або навіть руйнування (рис. 2).

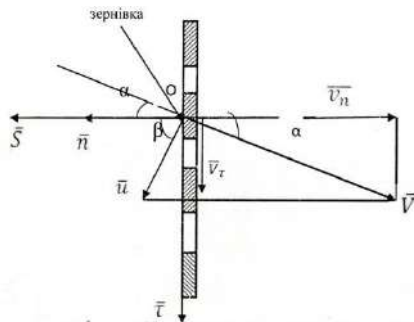


Рис. 2. Схема зіткнення зернівки з циліндричним решетом під час технологічного процесу очищення

Продовживши теоретичні розрахунки, отримаємо обмеження максимальної швидкості руху насіння з розподільника.

$$V_{\max} \leq \frac{[F_{\text{уд}}] \cdot t_{\text{уд}}}{2m(1+\varepsilon)} \quad (4)$$

де:  $F_{\text{уд}}$  – сила удару допустима;  
 $t_{\text{уд}}$  – протяжність часу удару;  
 $m$  – маса насіння;  
 $\varepsilon$  – відновлення швидкості після удару в коефіцієнтному значенні.

Враховуючи складові такого обмеження максимальної швидкості, створюється обмеження кутової швидкості обертання диска розподільника насіння на верхнє циліндричне решето, що зменшує силу зіткнення зернівок з поверхнею решета і відповідно створює умови зниження травмування насіння.

Експериментальними дослідженнями підтверджено теоретичні розрахунки, що при допустимій силі удару до 145Н, часу проходження удару до 0,002 с, питомій масі 1000 зернівок 45–55 грам, при значенні коефіцієнта відновлення швидкості зернівок після зіткнення 0,82, обмеження максимальної швидкості руху до 1,8–2,8 м/с сприятиме стримуванню максимальної швидкості обертання диска розподільника насіння на циліндричні решета, яка становить більше 5,5 м/с, а все це в сукупності зменшить зіткнення зернівок та їх мікротравмування до 10–12 %, що суттєво вплине на покращення якісних показників.

Результати виробничих, лабораторних і експериментальних досліджень травмування насіння озимої пшениці та жита надані в табл. 1.

Дані таблиці 1 свідчать, що макротравмування насіння озимої пшениці сорту Миронівська 65 після очищення зменшилося до 4,2 %, а озимого жита – до 5,8 %. Мікротравми зародка озимої пшениці після вивантаження із автомобіля становили 8,8 %, після очищення – 5,1 %, а всього травмованого насіння пшениці досягло 59,6 %, тоді як нетравмованого залишилося 40,4 %, тобто менше половини.

Аналіз даних щодо озимого жита сорту Верхняцке 32 показує, що макротравмованого насіння після очищення знаходиться 5,8 %, а зародка мікротравмування становило 11,2 %, всього мікротравмування жита – 75,1 %, а без пошкоджень знаходилося тільки 24,9 %, що значно менше пшениці.

Таблиця 1. Травмування насіння різних сортів озимих культур після очищення на вібросепараторі

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Макротравмування, %	Мікротравмування, %				
				зародка	ендосперма	оболонки	всього травм	без пошкоджень
СФГ “Дніпро” Черкаська область	Миронівська-65	після автомобіля	6,7	8,8	6,6	14,1	57,7	42,3
		до очищення	6,9	9,1	6,9	14,3	58,5	41,5
		після очищення	4,2	5,1	7,7	14,9	59,6	40,4
	Верхняцьке-32	після автомобіля	7,2	12,2	11,8	21,2	72,4	27,6
		до очищення	7,4	12,5	12,1	21,9	73,3	26,7
		після очищення	5,8	11,2	10,1	22,8	75,1	24,9

Такий стан мікротравмування зернівок жита, крім впливу інших факторів технологічного процесу, пояснюється ще й морфологічними та біологічними особливостями будови структури і клітин зернівок та специфічним розміщенням зародка зернівки, у порівнянні із пшеницею, який виходить за межі параметрів зовнішньої поверхні. Під час будь-якого руху зернівка орієнтується, насамперед, зародком і при зіткненні між собою, або з робочими поверхнями різних технічних засобів за всіх технологічних процесів відбувається його травмування і особливо мікротравмування. А це, в першу чергу, впливає на якісні показники і особливо на схожість, що, безумовно, знижує урожайність.

### Висновки

Згідно з теоретичними розрахунками під час руху зернівок по розподільнику на них впливають сили тертя, тяжіння, відцентрової дії та нормальні реакції  $N_1$  і  $N_2$  (рис. 1). В результаті диференціювання, інтегрування за методом Рунге-Кутта та графіка функцій  $R(t)$  при  $R=R_d$  знайдено абсолютну швидкість руху насіння з диску на решето  $V_a(t)$  та отримано обмеження максимальної швидкості  $V_{\text{тах}}$ , що обмежує кутову швидкість диска розподільника і створює умови зниження мікротравмування зернівок (рис. 2).

Дані виробничих, лабораторних і експериментальних досліджень (табл. 1) свідчить, що після проходження пневмосепарувальним обладнанням, аспіраційним каналом і диском розподільника кількість макротравмованого насіння озимої пшениці збільшилася на 0,9 %, а озимого жита – на 1,6 %, тобто майже у два рази більше. Всього мікротравмованих зернівок пшениці після оброблення становило 59,6 %, а

жита – 75,1 %. Без пошкоджень насіння пшениці залишилося 40,4 %, а жита – 24,9 %, тобто менше половини пшениці та тільки четверта частина жита. Тому використання оптимальних режимів технологічних процесів та вдосконалення і модернізація конструкцій технічних засобів підготовки якісного насіння зернових культур є важливим резервом підвищення урожайності та валового виробництва зерна.

### References

- Derevjanko, D., Holovach, I., Bulgakov, V., Kuvachev, V. & Oir, J. (2020). Theoretical and experimental research into impact of threshing toss in combine grain harvesters on quality of ureal crop seeds. *Scopus. Agronomy Research*, 18 (2), 393–403. doi: <https://doi.org/10.15159/AR.20.056>.
- Derevjanko, D., Sukmaniuk, E. & Derevjanko, O. (2017). Grain crops injuries and drying modes while seeds preparation. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 53 (3), 89–94.
- Holovach, I. V., Derevjanko, D. A. & Derevjanko, O. D. (2017). Travmy nasinnia pid chas sushinnia tekhnichnymy zasobamy [Injury of seeds during drying by technical means]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 1 (96), 78–82 [in Ukrainian].
- Mellmann, J., Weigler, F. & Scaar, H. (2019). Research on procedural optimization and development of agricultural drying processes. *Drying technology*, 5, 569–578. doi: 10.1080/07373937.2018.1494186.
- Orobinsky, V. I., Gievsky, A. M., Schwartz, A. A., Baskakov, I. V. & Chernyshov, A. V. (2018). Improving the efficiency of apparatus of exact seeding of small-seeded crops. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10 (5S), 1226–

1241. doi: 10.4314/jfas.v10i5s.103.

Pascoe, R. D., Fitzpatrick, R. & Garratt, J. R. (2015). Prediction of automated sorter performance utilising a Monte Carlo simulation of feed characteristics. *Minerals Engineering*, 72, 101–107. doi: 10.1016/j.mineng.2014.12.026.

Suzuki, N., Miller, G., Sejima, H., Harper, J. & Mittler, R. (2012). Enhanced seed production under prolonged heat stress conditions in *Arabidopsis thaliana* plants deficient in cytosolic ascorbate peroxidase 2. *Journal of Experimental Botany*, 1, 253–263.

Tishchenko, L. N., Olshanskiy, V. P. & Olshanskiy, S. V. (2011). Vibroreshetnaya separatsiya zernovykh smesey [Vibrosilicate separation of grain mixtures]. Kharkov : Miskdruk [in Russian].

Xianrong, Zh., Chunyu, X., Bo, J., Changman, L.

& Xiuling, L. (2015). Allelopathic Effects of Water Extracts of *Brassica juncea* var. *tumida* Leaf on Seed Germination of Three Species of Crops. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 10, 117–121.

Zabrodin, V. & Sukhanova, M. (2019). Analyzing Interaction between seeds and Pre-seeding Treatment Machines of Cyclic Action. *Agricultural Machine and Technologies*, 13 (5). 63–68. doi: 10.22314/2073-7599-2019-13-5-63-68.

Zaika, P. M. (2006). Teoriia silskohospodarskykh mashyn [The theory of agricultural machines] (Vol. 3). Kharkiv : Oho [in Ukrainian].

Zayets, M., Sukmaniuk, E. & Grudovyi, R. (2017). Theoretical grounding of seeds valve opener settings for subsoil-spreading sowing method. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 52 (2), 13–18.



UDC 681.833.6

## KINEMATIC STUDY OF THE STANDARD LAYOUT CIRCUIT OF THE INERTIA MODULE

V. Karetin

Article info

Received  
27.04.2020

Accepted  
24.06.2020

Ternopil  
Ivan Puluj  
National  
Technical  
University  
56, Ruska Str.,  
Ternopil,  
46001, Ukraine

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

**Karetin, V. (2020). Kinematic study of the standard layout circuit of the inertia module. Scientific Horizons, 07 (92), 104–111. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-104-111.**

The necessity of the links geometric parameters change of certain construction circuit of inertia convertor of the moment makes the analytical description overwhelming, therefore it is reasonable to bring the broad range of modifications to the standard model, the generalized description of which is intuitively clear. The objective of the study is to obtain the continuous in time basic kinematic functions of imbalance parameters using the methods of linear algebra and analytical geometry. For this purpose, absolutely fixed Cartesian coordinate system  $Oxyz$  is introduced with the axes crossing the point  $O$ , which is the crossing of the central axis of the mechanism with the axis  $OQ$  for the movable jet wheel  $z_{17}$  and the imbalance drive  $16$ ; moreover, the central axis of the mechanism is aligned with the axis  $Ox$ , and in the initial moment the axis  $Oz$  is aligned with the axis  $OQ$ . Imbalance orientation at the initial moment is determined by the angular displacement  $\varepsilon$  relative to the axis  $QA$  of the satellite  $z_6$  and  $\gamma$  relative to the axis  $OQ$  of the imbalance drive. As  $\vec{r}_D = \vec{r}_D(t)$ , then the absolute motion of point  $D$  in which the imbalance centre of gravity is situated, is the superposition of three possible motions: rotation around the satellite axis  $QA$  with the speed  $\vec{V}_{QA}(t) = \vec{\omega}_6 \times \vec{AD}(t)$  laying in the initial cone base plane of a satellite  $z_{17}$ ; rotation around the drive axis  $OQ$  with the speed  $\vec{V}_{OQ}(t) = \vec{\omega}_{16} \times \vec{OH}(t)$  which is parallel to the plane  $xOy$  and rotation around the central axis of the mechanism  $Ox$  with the speed  $\vec{V}_{Ox}(t) = \vec{\omega}_1 \times \vec{OP}(t)$  which is parallel to the plane  $yOz$  of the fixed coordinate system  $xOyz$ . Sums of projections of these vectors on the respective axes of the fixed coordinate system determine the projections of the vector  $\vec{V}_{D\Omega}(t)$ . By the derivatives of the projection  $\vec{V}_{D\Omega}(t)$ , the coordinates of vector  $\vec{a}_{D\Omega}(t)$  of the absolute acceleration of point  $D$  are determined. Analytical dependencies in the form of time-continuous functions are obtained under conditions  $\omega_{16} = \omega_2$  (stop mode) and  $\omega_{16} = \omega_2 = \omega_1$  (dynamic mode). Comparing the projection of components  $\vec{V}_{DxOy}(t)$ ,  $\vec{V}_{DyOz}(t)$ ,  $\vec{V}_{DxOz}(t)$  and  $\vec{a}_{DxOy}(t)$ ,  $\vec{a}_{DyOz}(t)$ ,  $\vec{a}_{DxOz}(t)$  on the planes  $xOy$ ,  $yOz$ ,  $xOz$  of the fixed coordinate system respectively and the arms of these components relative to the point  $O$  makes it possible to further predict the dynamic parameters in random trajectory points (at any moment of time  $t$ ). An analytical calculation of the module values of linear and angular velocities and accelerations, as well as drawing the corresponding diagrams were made using MathCAD software operators.

**Key words:** imbalance, dynamic mode, inertial module, inertia differential transformer of moment, trajectory, stop mode.

## КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ЕТАЛОННОЇ КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ІНЕРЦІЙНОГО МОДУЛЯ

В. М. Каретін

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, Україна

Необхідність змін геометричних параметрів ланок при дослідженні тієї чи іншої конструктивної схеми інерційного трансформатора моменту спричиняє громіздкість аналітичного опису, тому широкий спектр модифікацій доцільно звести до еталонної компоувальної схеми, узагальнений аналітичний опис якої інтуїтивно зрозумілий. Мета роботи – методами лінійної алгебри і аналітичної геометрії одержати безперервні у часі базові функції кінематичних параметрів дебалансу. Для цього введено абсолютно нерухому декартову систему координат  $Oxuz$ , осі якої проведено через точку  $O$ , що є перетином центральної осі механізму з віссю  $OQ$  рухомого реактивного колеса  $z_{17}$  і привода дебалансу  $16$ , причому центральна вісь механізму суміщена з віссю  $Ox$ , а з віссю  $Oz$  у початковий момент часу суміщена вісь  $OQ$ . Орієнтація дебалансу у початковий момент часу визначається кутівими зміщеннями  $\varepsilon$  відносно осі  $QA$  сателіта  $z_6$  та  $\gamma$  відносно осі  $OQ$  привода дебалансу. Оскільки  $\vec{r}_D = \vec{r}_D(t)$ , то абсолютний рух точки  $D$ , в якій знаходиться центр ваги дебалансу, є суперпозицією трьох можливих рухів: обертання навколо осі сателіта  $QA$  зі швидкістю  $\vec{V}_{QA}(t) = \vec{\omega}_6 \times \vec{AD}(t)$ , що лежить у площині основи початкового конуса сателіта  $z_{17}$ , обертання навколо осі привода  $OQ$  зі швидкістю  $\vec{V}_{OQ}(t) = \vec{\omega}_{16} \times \vec{OH}(t)$ , що паралельна до площини  $xOy$  і обертання навколо центральної осі механізму  $Ox$  зі швидкістю  $\vec{V}_{Ox}(t) = \vec{\omega}_1 \times \vec{OP}(t)$ , що паралельна до площини  $yOz$  нерухомої системи координат  $xOuz$ . Суми проєкції цих векторів на відповідні осі нерухомої системи координат визначають проєкції вектора  $\vec{V}_{D\Omega}(t)$ . За похідними проєкцій  $\vec{V}_{D\Omega}(t)$  визначено координати вектора  $\vec{a}_{D\Omega}(t)$  абсолютного пришвидшення точки  $D$ . Аналітичні залежності у вигляді неперервних у часі функцій одержано за умови  $\omega_{16} = \omega_2$  (стоповий режим) і  $\omega_{16} = \omega_2 = \omega_1$  (динамічний режим). Порівняння проєкцій складових  $\vec{V}_{DxOy}(t)$ ,  $\vec{V}_{DyOz}(t)$ ,  $\vec{V}_{DxOz}(t)$  та  $\vec{a}_{DxOy}(t)$ ,  $\vec{a}_{DyOz}(t)$ ,  $\vec{a}_{DxOz}(t)$  на площини  $xOy$ ,  $yOz$ ,  $xOz$  нерухомої системи координат відповідно та плечей цих складових відносно точки  $O$  дає можливість у подальшому прогнозувати динамічні параметри в довільних точках траєкторії (у будь-який момент часу  $t$ ). Аналітичні розрахунки модульних значень лінійних і кутових швидкостей та пришвидшень, а також побудову відповідних діаграм виконано з використанням операторів програми MathCAD.

**Ключові слова:** дебаланс, динамічний режим, інерційний модуль, інерційний диференціальний трансформатор моменту, траєкторія, стоповий режим.

### Вступ

У теоретичних дослідженнях відомих моделей імпульсних механізмів кінематичні параметри дебаланса описуються системами диференціальних рівнянь (Benitez et al., 2004; Berselli et al., 2008; Aliukov et al., 2017; Tsuchiya et al., 2020), що є частковими випадками узагальненої схеми. Одержані таким чином результати не є повними, оскільки передбачається силове замикання кінематичного ланцюга між вхідною та вихідною ланками (Leonov, 1978; Liu et al., 1998; Liang et al., 2012; Liang et al., 2014; Ince et al., 2020), а модульні значення векторних величин обмежують інтуїтивне сприйняття результатів. Основою даного дослідження є

векторне моделювання, оскільки при русі дебаланса навколо нерухомої точки найвиразніше проявляється саме векторний характер таких важливих кінематичних величин, як лінійна швидкість і лінійне пришвидшення, а також кутова швидкість та кутове пришвидшення (Tokar, 2001; Kuzo et al., 2017).

### Матеріали та методи

Основою висвітлення кінематики дебаланса є використання принципів лінійної алгебри і аналітичної геометрії, зокрема властивостей векторного та скалярного добутків (Rudavskiy et al., 1999). Відштовхуючись від загальновідомих конструкцій інерційних трансформаторів та прийнятих допущень стосовно кінематики

біпланетарного диференціального механізму, сформовано еталонну узагальнену компоновальну схему інерційного модуля, в якій рух дебаланса вивчається як послідовне додавання його обертань навколо трьох фізичних осей: осі сателіта; осі привода дебаланса та центральної осі механізму (Stukhliak et al., 2011).

### Результати досліджень та обговорення

На кінематичні параметри дебалансу інерційного трансформатора моменту впливає низка конструктивних параметрів. Тому, враховуючи можливість модифікацій, у параметрах еталонної компоновальної схеми закладено можливість змін геометричних елементів ланок імпульсного модуля в широкому діапазоні. За основу взято біпланетарний конічний диференціал, в якому ланка 1 є вхідною, а ланка 2 – вихідною (Kurko et al., 2014). Імпульсний модуль утворюють жорстко встановлене на вихідній ланці рухоме реактивне конічне колесо 17, основа початкового конуса якого паралельна до центральної осі механізму та сателіт 6 з приводом 16, що змонтований у шарнірах вихідної ланки 1

співвісна з реактивним конічним колесом (рис. 1, а).

В інерційному трансформаторі моменту кінематичне передаточне відношення  $i^d = \omega_1 / \omega_2$ , що змінюється безсхідчасто, визначається динамічними умовами. Враховуючи те, що зворотне обертання вихідної ланки 2, по відношенню до вхідної 1, у відомих конструкціях блокується механізмом вільного ходу, кінематичні параметри дебалансу досліджується у стоповому ( $\omega_{16} \rightarrow \omega_2$ ,  $i^d \rightarrow \infty$ ; рис. 1, b) і динамічному ( $\omega_{16} \geq 0$ ,  $0 < i^d < \infty$ ; рис. 1, c, d) режимах роботи інерційного модуля (Kinytskyi et al., 2002). За умови  $\omega_2 = const$ , кутові швидкості ланок становлять:

$$\begin{aligned} \omega_2 &= \frac{\omega_1}{i^d}; \\ \omega_{16} &= \omega_1 \frac{z_2}{z_{16}} \left(1 - \frac{1}{i^d}\right); \\ \omega_6 &= \omega_1 \frac{z_2}{z_{16}} \frac{z_{17}}{z_6} \left(1 - \frac{1}{i^d}\right). \end{aligned} \quad (1)$$

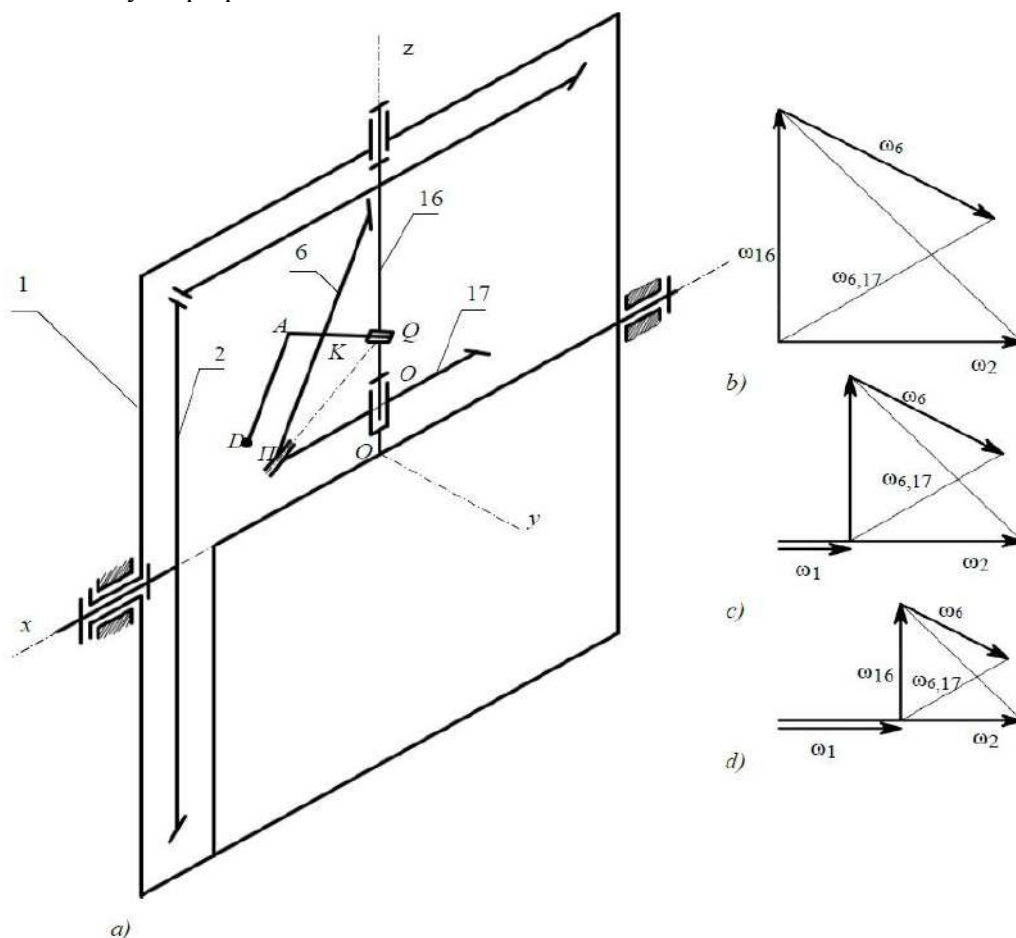


Рис. 1. Еталонна компоновальна схема інерційного модуля

Положення точки  $D$ , в якій знаходиться центр ваги дебалансу, визначають такі параметрами, як радіуси  $Q_r\Pi$  і  $K\Pi$  та висоти  $O_rQ$  і  $QK$  початкових конусів зубчастих коліс  $17$  і  $6$ , а також геометричні елементи,  $AD = a \cdot K\Pi$ ,  $QA = b \cdot QK$  і  $OQ = c \cdot O_rQ$ , де  $a$ ,  $b$  і  $c$  – коефіцієнти, що уніфікують дану компоновальну схему. У початковий момент часу орієнтація точки  $D$  визначається кутами зміщення  $\varepsilon$  відносно осі  $QK$  сателіта та кутовим зміщенням  $\gamma$  полюса зачеплення  $\Pi$  відносно осі  $O_rQ$ .

Для визначення координат точки  $D$  введено абсолютно нерухому декартову систему координат  $xOyz$  (рис. 1, *a*), осі якої проведено через точку  $O$ , що є перетином центральної осі механізму з віссю  $OQ$  рухомого реактивного колеса  $z_{17}$  і привода дебаланса  $16$ , причому центральна вісь механізму суміщена з віссю  $Ox$ , а з віссю  $Oz$  в початковий момент часу суміщена вісь  $OQ$ .

Кількість можливих рухів точки  $D$  навколо фізичних осей формують траєкторії у стоповому (рис. 2, *a*) або динамічному (рис. 2, *b*) режимах.

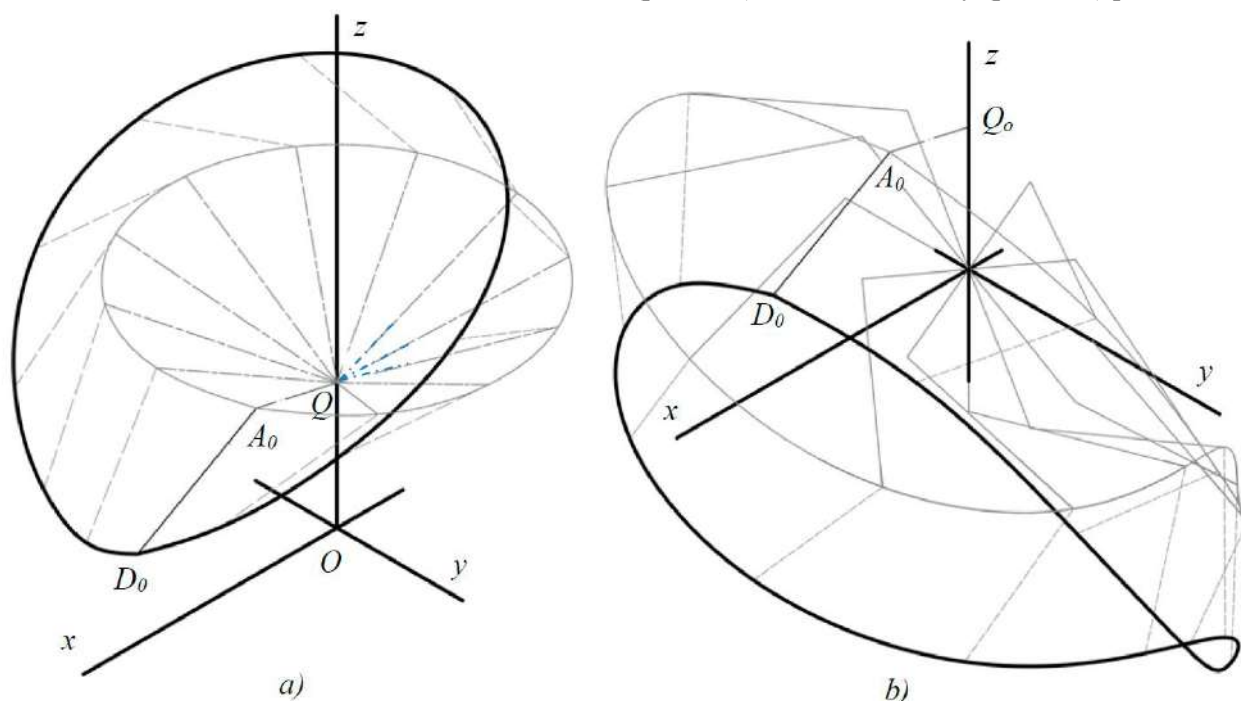


Рис. 2. Формування траєкторії точки  $D$  у стоповому (*a*) і динамічному (*b*) режимах

Траєкторія точки  $D$  у стоповому режимі обумовлюється її обертаннями навколо осі сателіта  $QK$  з кутовою швидкістю  $\omega_6$  і разом з сателітом навколо осі привода  $OQ$  з кутовою

швидкістю  $\omega_{16}$ . Таким чином, координати точки  $D$  у нерухомій системі координат  $xOyz$  визначаються зі співвідношень:

$$\begin{aligned} x_D(t) &= U_1 \left[ \left( U_2 + U_5 \cdot U_4 \cdot \cos(\pi - (\omega_6 t + \varepsilon)) \right) \cos(\omega_{16} t + \gamma) + U_3 \sin(\pi - (\omega_6 t + \varepsilon)) \sin(\omega_{16} t + \gamma) \right]; \\ y_D(t) &= U_1 \left[ \left( U_2 + U_5 \cdot U_4 \cdot \cos(\pi - (\omega_6 t + \varepsilon)) \right) \sin(\omega_{16} t + \gamma) - U_3 \sin(\pi - (\omega_6 t + \varepsilon)) \cos(\omega_{16} t + \gamma) \right]; \\ z_D(t) &= U_5 + U_6 \cos(\pi - (\omega_6 t + \varepsilon)). \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{де: } U_1 = \frac{O_r\Pi}{\sin\psi};$$

$$U_2 = b \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos\left(\varphi + \psi - \frac{\pi}{2}\right);$$

$$U_3 = a \cdot \sin(\varphi);$$

$$U_4 = \cos(\psi);$$

$$U_5 = U_1 \left( c \cdot \cos(\psi) + b \cdot \cos(\varphi) \sin\left(\varphi + \psi - \frac{\pi}{2}\right) \right);$$

$$U_6 = U_1 \cdot U_3 \cdot \sin(\pi - \chi);$$

$\varphi$ ,  $\psi$  – кути при вершині початкового конуса сателіта і реактивного колеса, відповідно;  
 $\chi$  – кут між основами початкових конусів сателіта і реактивного колеса.

З'єднавши точку  $D$  з початком нерухомої системи координат, одержуємо радіус-вектор  $\vec{r}_D(t)$ , модуль якого становить:

$$r_D(t) = \sqrt{x_D(t)^2 + y_D(t)^2 + z_D(t)^2}. \quad (3)$$

Позначивши проєкції точки  $D$  на площини  $xOy$ ,  $yOz$  та  $xOz$ , відповідно, точками  $H$ ,  $P$  і  $F$ , отримуємо проєкції радіус-вектора  $\vec{r}_D(t)$ , модулі яких визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} OH(t) &= \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}; \\ OP(t) &= \sqrt{y(t)^2 + z(t)^2}; \\ OF(t) &= \sqrt{x(t)^2 + z(t)^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Кутові переміщення точки  $D$  відносно осей нерухомої системи координат  $xOyz$  виражаються кутами  $\beta_H(t) = \angle xOH(t)$ ,  $\beta(t) = \angle zOP(t)$  і  $\beta_F(t) = \angle xOF(t)$  відповідно. Враховуючи формули (3) і (4), маємо:

$$\begin{aligned} \beta_H(t) &= \arctan \frac{y(t)}{x(t)}; \\ \beta_P(t) &= \frac{\pi}{2} - \arccos \left( \frac{y(t)}{OP(t)} \right); \\ \beta_F(t) &= \arccos \left( \frac{x(t)}{OF(t)} \right). \end{aligned} \quad (5)$$

Оскільки часовоподібні змінні (*Kushnir, 2003; Zhuk et al., 2013*), а також функції від них вважаються безперервними, то шляхом диференціювання по часу кутів  $\beta_H(t)$ ,  $\beta_P(t)$  і  $\beta_F(t)$  одержуємо кутові швидкості обертання точки відносно осей декартової системи координат  $Ox$ ,  $Oy$  і  $Oz$ , відповідно:

$$\begin{aligned} \omega_H(t) &= \frac{d}{dt} \beta_H(t); \\ \omega_P(t) &= \frac{d}{dt} \beta_P(t); \\ \omega_F(t) &= \frac{d}{dt} \beta_F(t). \end{aligned} \quad (6)$$

Швидкість точки  $D$  у стоповому режимі визначається векторною сумою:

$$\vec{V}_{D\Sigma}(t) = \vec{V}_{QA}(t) + \vec{V}_{Oz}(t), \quad (7)$$

де:  $\vec{V}_{QA}(t)$  – обертальна швидкість точки  $D$  навколо осі  $QK$  сателіта  $B$ ;

$\vec{V}_{Oz}(t)$  – обертальна швидкість точки  $D$  навколо осі  $Oz$ .

Ці вектори визначаються з векторних добутків відповідних кутових швидкостей та радіус-векторів. Тому необхідно проаналізувати рух точок, координати яких визначають координати необхідних векторів.

У стоповому режимі точка  $Q$  розташована на осі  $Oz$  тому її координати становлять  $Q(0,0, OQ)$ . Оскільки точка  $A$  обертається навколо осі  $Oz$ , то її апліката з часом не змінюється. Таким чином, координати радіус-вектора  $\vec{AD}$  у стоповому режимі становить:

$$\vec{AD}(t) = (xD(t) - xA(t), yD(t) - yA(t), zD(t) - zA(t)). \quad (8)$$

Тоді вектор кутової швидкості  $\vec{\omega}_6$ , що лежить на осі  $QA$  у стоповому режимі визначається як:

$$\vec{\omega}_6(t) = (\mu(t) \cdot xA(t), \mu(t) \cdot yA(t), \mu(t) \cdot zA(t)), \quad (9)$$

де  $\mu(t)$  – коефіцієнт подібності.

$$\mu(t) = \frac{\omega_6}{\sqrt{OA^2 - 2 \cdot zA(t)OQ + OQ^2}}. \quad (10)$$

Отже, для проєкцій вектору швидкості точки  $D$  навколо осі сателіта  $QA$  на осі декартової системи координат у стоповому режимі маємо:

$$\begin{aligned} V_{QAx}(t) &= \mu(t)(yAD(t) \cdot (zA(t) - zQ) - zAD(t) \cdot yA(t)); \\ V_{QAy}(t) &= -\mu(t)(xAD(t) \cdot (zA(t) - zAD(t) \cdot (xA(t))); \\ V_{QAz}(t) &= \mu(t)xAD(t) \cdot yA(t) - yAD(t) \cdot (xA(t)). \end{aligned} \quad (11)$$

Звідси модуль вектора  $\vec{V}_{QA}(t)$ :

$$V_{QA}(t) = \sqrt{(V_{QAx}(t))^2 + (V_{QAy}(t))^2 + (V_{QAz}(t))^2}. \quad (12)$$

У стоповому режимі вектор  $\vec{V}_{Oz}(t)$  обертальної швидкості точки  $D$  навколо осі  $Oz$  лежить у площині, що паралельна до площини  $xOy$  декартової системи координат.

Координати вектора  $\omega_H(t)$  у стоповому режимі становить:

$$\vec{\omega}_H(t) = (0, 0, \lambda(t) \cdot OQ), \quad (13)$$

де:  $\lambda(t)$  – коефіцієнт подібності.

$$\lambda(t) = \frac{\omega_H(t)}{OQ}. \quad (14)$$

Таким чином, для проєкцій вектору швидкості точки  $D$  навколо осі привода  $OQ$  на осі декартової системи координат у стоповому режимі маємо:

$$\begin{aligned} V_{Ozx}(t) &= \lambda(t) \cdot (yD(t) \cdot OQ); \\ V_{Ozy}(t) &= -\lambda(t) \cdot (xD(t) \cdot OQ); \\ V_{Ozz}(t) &= 0. \end{aligned} \quad (15)$$

Звідси модуль вектора  $\vec{V}_{Oz}(t)$  :

$$V_{Oz}(t) = \sqrt{(V_{Ozx}(t))^2 + (V_{Ozy}(t))^2}. \quad (16)$$

Маючи проєкції складових, визначаємо проєкції абсолютної швидкості точки  $D$  у стоповому режимі:

$$\begin{aligned} V_{D\Sigma x}(t) &= V_{QA_x}(t) + V_{Ozx}(t); \\ V_{D\Sigma y}(t) &= V_{QA_y}(t) + V_{Ozy}(t); \\ V_{D\Sigma z}(t) &= V_{QA_z}(t) + V_{Ozz}(t). \end{aligned} \quad (17)$$

Модуль вектора  $\vec{V}_{D\Sigma}(t)$  абсолютної швидкості становить:

$$V_{D\Sigma}(t) = \sqrt{(V_{D\Sigma x}(t))^2 + (V_{D\Sigma y}(t))^2 + (V_{D\Sigma z}(t))^2}. \quad (18)$$

Відмінність між векторами швидкостей стопового і динамічного режиму полягає тільки у їх модульних значеннях. Тому, для визначення вектора абсолютної швидкості точки  $D$  у динамічному режимі уявно додамо до вектора  $\vec{V}_{D\Sigma}(t)$  вектор обертальної швидкості  $\vec{V}_{Ox}(t)$  точки  $D$  навколо осі  $Ox$  в декартових системах координат, з якою суміщена центральна вісь механізму. Після цього одержаний сумарний вектор  $\vec{V}_{D\Omega}(t)$  повертаємо на кут  $\alpha(t)$  до положення  $\vec{V}_{D\alpha\Omega}(t)$ .

При визначенні кута повороту точки  $D$  навколо центральної осі необхідно враховувати не тільки кутову швидкість  $\omega_I$ , але і швидкість хитання  $\omega_P(t)$  точки  $D$  навколо осі  $Ox$ . Крім того, необхідно врахувати і те, що при обертанні навколо центральної осі абсциса точки  $D$  не змінюється, а ординату і аплікату доцільно визначати за проєкцією  $OP(t)$  радіус-вектора  $r_D(t)$  у площині  $yOz$ . Враховуючи сказане, сумарний кут повороту точки  $D$  навколо осі  $Ox$  становитиме:

$$\alpha(t) = (\omega_1 + \omega_P(t)) \cdot t. \quad (19)$$

Тоді проєкції вектора кутової швидкості  $\omega_{\alpha x}(t)$ , що лежить на осі  $Ox$ , визначається як:

$$\vec{\omega}_{\alpha x}(t) = (v(t) \cdot xD_{\alpha}(t), 0, 0), \quad (20)$$

де:  $v(t)$  – коефіцієнт подібності.

$$v(t) = \frac{\omega_{\alpha}(t) + \omega_P(t)}{xD_{\alpha}(t)}. \quad (21)$$

Отже, для проєкцій вектору швидкості точки  $D$  навколо центральної осі механізму маємо:

$$\begin{aligned} V_{Oxx}(t) &= 0; \\ V_{Oxy}(t) &= v(t)(xD_{\alpha}(t) \cdot zP(t)); \\ V_{Oxz}(t) &= v(t)(xD_{\alpha}(t) \cdot yP(t)). \end{aligned} \quad (22)$$

де:  $yP(t)$ ,  $zP(t)$  – координати проєкції точки  $D$  у площині  $yOz$  до обертання навколо центральної осі механізму.

Таким чином, проєкції сумарної швидкості  $\vec{V}_{D\Omega}(t)$  на осі декартової системи координат становлять:

$$\begin{aligned} V_{D\Omega_x}(t) &= V_{D\Sigma x}(t) + V_{Oxx}(t); \\ V_{D\Omega_y}(t) &= V_{D\Sigma y}(t) + V_{Oxy}(t); \\ V_{D\Omega_z}(t) &= V_{D\Sigma z}(t) + V_{Oxz}(t). \end{aligned} \quad (23)$$

Проєкції вектора абсолютної швидкості точки  $D$  у динамічному режимі визначаються як:

$$\begin{aligned} V_{D\alpha\Omega_{\alpha x}}(t) &= V_{D\Omega_x}(t); \\ V_{D\alpha\Omega_{\alpha y}}(t) &= V_{D\Omega_y}(t) \cdot \sin \alpha(t); \\ V_{D\alpha\Omega_{\alpha z}}(t) &= V_{D\Omega_z}(t) \cdot \cos \alpha(t). \end{aligned} \quad (24)$$

Звідси модуль вектора абсолютної швидкості

$$V_{D\alpha\Omega_{\alpha}}(t) = \sqrt{V_{D\alpha\Omega_{\alpha x}}(t)^2 + V_{D\alpha\Omega_{\alpha y}}(t)^2 + V_{D\alpha\Omega_{\alpha z}}(t)^2}. \quad (25)$$

Для більшої інформативності визначимо проєкції вектора  $\vec{V}_{D\alpha\Omega_{\alpha}}(t)$  на площини декартової системи координат і визначимо плечі цих векторів відносно точки  $O$ , скориставшись властивостями скалярного добутку векторів.

У площині  $xOy$  перетин перпендикуляра з лінією проєкції вектора  $\vec{V}_{D\alpha\Omega_{\alpha}}(t)$  позначимо точкою  $L$ . Її координати визначаються зі співвідношень:

$$x_L(t) = \frac{x_{D\alpha}(t) + k_1(t) \cdot y_{D\alpha}(t)}{(k_1(t))^2 + 1}; \quad (26)$$

$$y_L(t) = k_1(t) \cdot x_L(t),$$

де:  $k_1(t)$  – кутовий коефіцієнт.

$$k_1(t) = \frac{-V_{D\alpha\Omega_{\alpha x}}(t)}{V_{D\alpha\Omega_{\alpha y}}(t)}. \quad (27)$$

Модуль вектору  $\vec{V}_{OL}(t)$  становить:

$$V_{OL}(t) = \sqrt{(xL(t))^2 + (yL(t))^2}. \quad (28)$$

Модуль проєкції вектору  $\vec{V}_{D\alpha\Omega_{\alpha xy}}(t)$  визначаємо за формулою:

$$V_{D\alpha\Omega_{\alpha xy}}(t) = \sqrt{V_{D\alpha\Omega_{\alpha x}}(t)^2 + V_{D\alpha\Omega_{\alpha y}}(t)^2}. \quad (29)$$

Позначивши точками  $M$  і  $N$  перетини перпендикулярів з лініями проєкцій векторів  $\vec{V}_{D\alpha\Omega_\alpha yz}(t)$  і  $\vec{V}_{D\alpha\Omega_\alpha xz}(t)$ , виконаємо аналогічні обчислення плечей у площинах  $yOz$  та  $xOz$ , відповідно:

$$\begin{aligned} z_M(t) &= \frac{z_{D\alpha}(t) + k_2(t) \cdot y_{D\alpha}(t)}{(k_2(t))^2 + 1}; \\ y_M(t) &= k_2(t) \cdot z_M(t); \\ k_2(t) &= \frac{-V_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t)}{V_{D\alpha\Omega_\alpha y}(t)}; \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} V_{OM}(t) &= \sqrt{(y_M(t))^2 + (z_M(t))^2}; \\ V_{D\alpha\Omega_\alpha yz}(t) &= \sqrt{V_{D\alpha\Omega_\alpha y}(t)^2 + V_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t)^2}. \\ z_N(t) &= \frac{z_{D\alpha}(t) + k_3(t) \cdot x_{D\alpha}(t)}{(k_3(t))^2 + 1}; \\ y_{N\alpha}(t) &= k_3(t) \cdot z_N(t); \\ k_3(t) &= \frac{-V_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t)}{V_{D\alpha\Omega_\alpha x}(t)}; \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} V_{ON}(t) &= \sqrt{(x_N(t))^2 + (z_N(t))^2}; \\ V_{D\alpha\Omega_\alpha xz}(t) &= \sqrt{V_{D\alpha\Omega_\alpha x}(t)^2 + V_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t)^2}. \end{aligned}$$

Диференціюванням проєкцій  $V_{D\alpha\Omega_\alpha x}(t)$ ,  $V_{D\alpha\Omega_\alpha y}(t)$  і  $V_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t)$  абсолютної швидкості  $\vec{V}_{D\alpha\Omega_\alpha}(t)$  визначаються проєкції  $a_{D\alpha\Omega_\alpha x}(t)$ ,  $a_{D\alpha\Omega_\alpha y}(t)$  і  $a_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t)$  абсолютного пришвидшення  $a_{D\alpha\Omega_\alpha}(t)$ , тобто:

$$\begin{aligned} a_{D\alpha\Omega_\alpha x}(t) &= \frac{d}{dt} V_{D\alpha\Omega_\alpha x}(t); \\ a_{D\alpha\Omega_\alpha y}(t) &= \frac{d}{dt} V_{D\alpha\Omega_\alpha y}(t); \\ a_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t) &= \frac{d}{dt} V_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t). \end{aligned} \quad (32)$$

Модуль вектора абсолютного пришвидшення точки  $D$  обчислюється за формулою:

$$a_{D\alpha\Omega_\alpha}(t) = \sqrt{(a_{D\alpha\Omega_\alpha x}(t))^2 + (a_{D\alpha\Omega_\alpha y}(t))^2 + (a_{D\alpha\Omega_\alpha z}(t))^2}. \quad (33)$$

Діаграми модульних значень векторів абсолютної швидкості та абсолютного пришвидшення точки  $D$  за один період (один оберт сателіта навколо осі привода дебалансу) та відповідні проєкції у площинах декартової системи координат показано на рис. 3, а, б.

Результати обчислень аналітичних залежностей і відповідні діаграми отримано за допомогою відповідних операторів програми *MathCAD*.

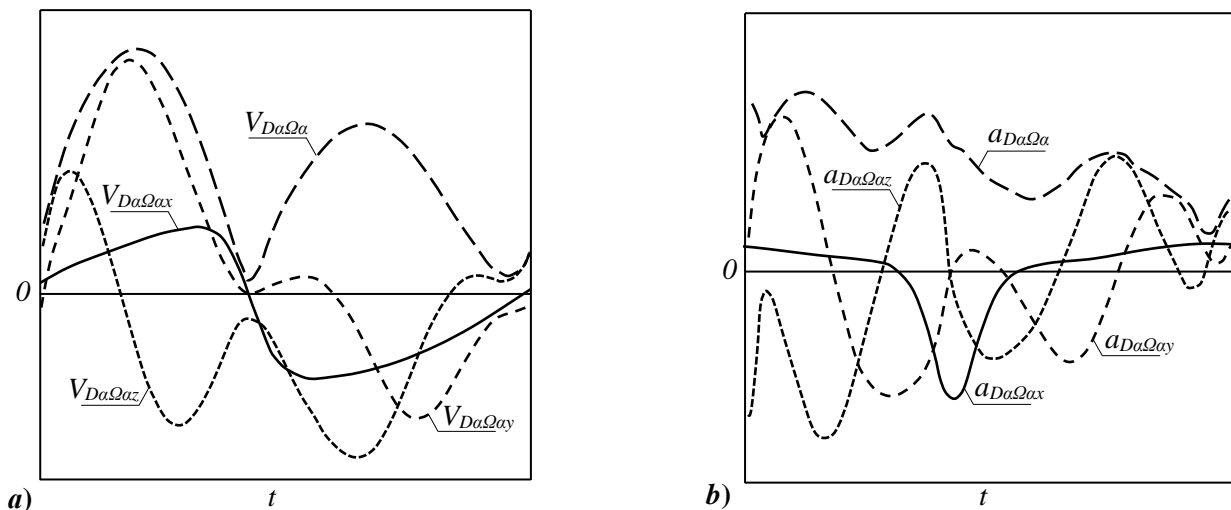


Рис. 3. Діаграми абсолютної швидкості (а) та абсолютного пришвидшення (б) і їхніх проєкцій на осі декартової системи координат.

### Висновки

1. Методами лінійної алгебри і аналітичної геометрії описано кінематичні параметри

дебалансу еталонної компоувальної схеми інерційного модуля безперервними у часі функціями, до є базовими для аналізу модифікацій компоувальних схем

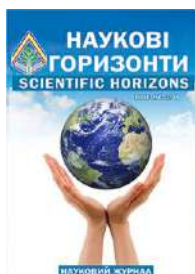
диференціального інерційного трансформатора моменту.

2. Початкові кутові зміщення точки  $D$  відносно осі сателіта і осі привода спричиняють асиметрію кінематичних параметрів у межах одного періоду обертання сателіта.

3. Оскільки обертальний рух навколо фізичних осей спричиняє коливальний рух дебалансу навколо осей  $Ox$  та  $Oy$  нерухомої декартової системи координат як у стоповому, так і у динамічному режимах, то кінематичні передумови динамічних змін доцільно характеризувати властивостями проєкцій швидкостей і прискорень у площинах  $xOy$  та  $yOz$  нерухомої декартової системи координат.

### References

- Aliukov, S. & Aliukov, A. (2017). Analysis of Methods for Solution of Differential Equations of Motion of Inertial Continuously Variable Transmissions. SAE Technical Paper (2017-01-1105). doi: <https://doi.org/10.4271/2017-01-1105>.
- Benitez, F. G., Madrigal, J. M. & del Castillo, J. M. (2004). Infinitely Variable Transmission of Ratcheting Drive Type Based on One-Way Clutches. ASME. Journal of Mechanical Design, 126 (4), 673–682. doi: <https://doi.org/10.1115/1.1758258>.
- Berselli, G. & Stecki, J. (2008). Kinematic design and bond graph modeling of an inertia-type infinitely variable transmission. Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference, 5, 799–808. doi: <https://doi.org/10.1115/DETC2008-49875>.
- Ince, E., & Gülerca, M. (2020). On the advantages of the new power-split infinitely variable transmission over conventional mechanical transmissions based on fuel consumption analysis. Journal of Cleaner Production, 244, 118795. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118795>.
- Kinytskyi, Ya. T. (2002). Teoriia mekhanizmiv i mashyn [Theory of mechanisms and machines]. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Kurko, A. M. & Karetin, V. M. (2014). Patent na korysnu model Ukrainy 86532MPK. Kyiv: Derzhavne patentne vidomstvo Ukrainy.
- Kushnir, R. M. (2003). Zahalna fizyka. Mekhanika. Molekuliarna fizyka [General physics. Mechanics. Molecular physics]. Lviv: LNU I. Franka [in Ukrainian].
- Kuzo, I. V., Shpachuk, V. P. & Tsidylo, I. V. (2017). Teoretychna mekhanika [Theoretical Mechanics]. Kharkiv: Folio [in Ukrainian].
- Leonov, A. I. (1978). Inercionnye avtomaticheskie transformatory vrashhajushhego momenta [Inertial automatic torque transformers]. Moskva: Mashinostroenie [in Russian].
- Liang, J., Li, R. & Ren, J. (2012). Simulation Study on Planetary Bevel Gear CVT System Based on Virtual Prototyping Technology. Applied Mechanics and Materials, 215–216, 1003–1008. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.215-216.1003>.
- Liang, J., Li, R. & Ren, J. (2014). Research on planetary bevel gear CVT system based on contact force. Computer modelling & New technologies, 18 (10), 474–478.
- Liu, K., Zhang, H., & Bamba, E. (1998). Dynamic Analysis of an Overrunning Clutch for the Pulse-Continuously-Variable-Speed Transmission. SAE Technical Paper (980827). doi: <https://doi.org/10.4271/980827>.
- Rudavskiy, Yu. K., Kostrobii, P. P., Lunyk, Kh. P. & Ukhanska, D. V. (1999). Liniina alhebra ta analitychna heometriia [Linear Algebra and Analytical Geometry]. Lviv: Lvivska politekhnika [in Ukrainian].
- Stukhliak, P., Kurko, A., Karetin, V. & Dobrotvor, I. (2011). Analitychne doslidzhennia kinematyky debalansu reaktyvno-inertsiiinoho bloka inertsiiinoho transformatora krutnoho momentu [Analytical research of kinematics of a reactive inertial block' unbalance of a torque inertial transformer]. Mashynoznavstvo, 9–10, 41–44. [in Ukrainian].
- Tokar, A. M. (2001). Teoretychna mekhanika. Kinematyka: Metody i zadachi. [Theoretical mechanics. Kinematics: Methods and tasks]. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
- Tsuchiya, E. & Shamoto, E. (2020). Formulation of intervibrator motion and development of a controller for a pulse-drive transmission. Mechanism and Machine Theory, 150, 103880. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.103880>.
- Zhuk, P. F. (2013). Matematychni metody v aerodynamitsi [Mathematical methods in aerodynamics]. Kyiv: NAU [in Ukrainian].



UDC 631.363.2

**TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PROVISION OF COMPLEX WASTE PROCESSING OF PLANT RAW OIL CULTURES IN FOOD FOR ORGANIC ANIMALS**

**E. Aliiev<sup>1,2</sup>, O. Aliieva<sup>2</sup>, R. Malegin<sup>2</sup>**

Article info

Received

12.05.2020

Accepted

24.06.2020

<sup>1</sup> Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
1, Institutska Str., Sunny pos., Zaporozhye district, Zaporozhye region, 69093, Ukraine

<sup>2</sup> Dnipro State Agrarian and Economic University  
25, Sergiy Yefremov Str., Dnipro, 49600, Ukraine

E-mail:

[aliev@meta.ua](mailto:aliev@meta.ua)

**Aliiev, E., Aliieva, O., Malegin, R. (2020). Technical and technological provision of complex waste processing of plant raw oil cultures in food for organic animals. Scientific Horizons, 07 (92), 112–119. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-112-119.**

The most important component of the success of livestock production is the creation of a solid feed base to meet the needs of the livestock industry. In addition to cereals, oilseeds (flax oil, safflower, sesame seeds, etc.) and products of their processing have great fodder potential. Its physicochemical composition is quite unique: quite high protein content, a large range of fatty acids and vitamins. Therefore, the urgent task of improving the quality of the feed base is the creation of the latest technical and technological support for the waste-free processing of vegetable raw materials of oil crops into feed for organic animal husbandry. The purpose of the research is to improve the technological line of complex non-waste processing of vegetable raw materials of oilseeds into feed for organic animal husbandry. To achieve this goal, the following research objectives were set: to analyze the technologies of processing vegetable oilseeds into feed, to develop a technological line of complex waste-free processing of vegetable oilseeds to feed, to substantiate the composition of the relevant technical and technological support. The studies were conducted using patent information retrieval methods and analysis of previous research results. As a result of the analysis of modern technical and technological support for the processing of vegetable raw materials, the technological line of complex waste-free processing of waste oil-fat complex of oilseeds in feeds for organic animal husbandry was improved. Taking into account the need for both dry and liquid feeds, the processes of granulation and cavitation dispersion of the corresponding feeds were introduced into the production line. This coverage of fodder production makes it possible to use the proposed feed preparation line as universal.

**Key words:** animal husbandry, feed, processing, oilseeds, granulator, dispersant.

**ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ БЕЗВІДХОДНОЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР У КОРМИ ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ТВАРИННИЦТВА**

**Е. Б. Алієв<sup>1,2</sup>, О. Ю. Алієва<sup>2</sup>, Р. Д. Малєгін<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України  
вул. Інститутська, 1, с. Сонячне, Запорізький р-н, Запорізька обл., 69093, Україна

<sup>2</sup> Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, 49600, Україна

Найважливішою складовою успіху виробництва тваринницької продукції є створення міцної кормової бази для забезпечення потреб галузі тваринництва. Окрім зернових культур великий кормовий потенціал мають олійні культури (льон олійний, сафлор, кунжут та ін.) і продукти їх

переробки. Їх фізико-хімічний склад є досить унікальним: достатньо високий вміст протеїну, великий спектр жирних кислот і вітамінів. Тому, актуальним завданням підвищення якості кормової бази є створення новітнього техніко-технологічного забезпечення для безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва. Метою досліджень є удосконалення технологічної лінії комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва. Для досягнення поставленої мети було поставлені наступні завдання досліджень: провести аналіз технологій переробки рослинної сировини олійних культур у корми, розробити технологічну лінію комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми, обґрунтувати склад відповідного техніко-технологічного забезпечення. Дослідження проводилися з використанням методів патентно-інформаційного пошуку і аналізу результатів попередніх досліджень. В результаті аналізу сучасного техніко-технологічного забезпечення переробки рослинної сировини проведено удосконалення технологічної лінії комплексної безвідходної переробки відходів олійних культур у корми для органічного тваринництва. Враховуючи необхідність в отриманні як сухих, так і рідких кормів до технологічної лінії введено процеси гранулювання і кавітаційного диспергування відповідних кормів. Таке охоплення продуктів кормовиробництва дозволяє у подальшому використовувати пропонувану технологічну лінію приготування кормів як універсальну.

**Ключові слова:** тваринництво, кормозабезпечення, переробка, олійні культури, гранулятор, диспергатор.

### Вступ

Найважливішою складовою успіху виробництва тваринницької продукції є створення міцної кормової бази для забезпечення потреб галузі тваринництва. Органічне тваринництво, яке набуло особливої уваги, передбачає використання екологічно чистих кормових компонентів, які доцільно доставляти тваринам у необхідній кількості. Забезпечення такого стабільного функціонування органічного сектору тваринницької галузі України потребує розробки комплексів адекватних моделей розвитку органічного кормовиробництва та виявлення базових закономірностей впливу технологій кормозабезпечення на органічність корму для задоволення потреб у кормах органічного тваринництва, що є необхідним й актуальним завданням (Shatskyu, 1998; Zaytsev et al., 2015; Chernovol et al., 2018).

Розробка нового техніко-технологічного забезпечення кормовиробництва для органічного тваринництва повинна проводитися із урахуванням їх екологічності. Нове забезпечення кормовиробництва оцінюється згідно з розробленими для органічного тваринництва критеріями ефективності, ресурсо- і енергоощадності та конкурентоспроможності продукції тваринництва у напрямку підвищення якості кормової бази за допомогою технологічних і технічних новацій (Chalaya et al., 2019).

Окрім зернових культур великий кормовий потенціал мають олійні культури (льон олійний,

сафлор, кунжут та ін.) і продукти їх переробки. Їх фізико-хімічний склад є досить унікальним: достатньо високий вміст протеїну, великий спектр жирних кислот і вітамінів (Shevchenko et al., 2017). Тому актуальним завданням підвищення якості кормової бази є створення новітнього техніко-технологічного забезпечення для безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва.

Сучасне техніко-технологічне забезпечення для переробки рослинної сировини олійних культур зводиться до процесу отримання олії і макухи (вміст протеїну – 19–24 %, вміст жиру – 9–13 %), подальшого подрібнення макухи і введення її в комбікорми (Aliiev et al., 2017). В зв'язку з чим використання її для годівлі свиней і птиці неефективне через підвищений вміст клітковини (16–19 %), тому для поліпшення поживної цінності й розширення сфери використання високолушпинної макухи для годівлі усіх видів тварин і птиці необхідна додаткова операція з розділення її на білкову і лушпинну фракції. Білкова фракція (вміст протеїну – 34–38 %, вміст клітковини – 4–6 %) може бути використана на кормові цілі, а лушпинна (вміст протеїну – 2–5 %, вміст клітковини – 38–40 %) – в якості сировини для твердого біопалива (паливних брикетів). В Інституті олійних культур НААН розроблена технологія переробки макухи з насіння олійних культур із отриманням протеїнових добавок та

твердого біопалива з лушпинної фракції (Aliiev et al., 2017). Технологія зводиться до наступних операцій технологічного процесу: видавлювання олії і отримання макухи на прес-екструдері; подрібнення макухи молотковою дробаркою; механічне фракціонування на щітковому роторному просіювачі; отримання кормових гранул з просіяної білкової фракції на грануляторі; отримання паливних брикетів з лушпинної фракції на прес-брикетувальнику.

Дана технологія лише частково вирішує питання безвідходності переробки рослинної сировини олійних культур. Виникає необхідність не тільки в сухих гранульованих кормах для птиці, але й у рідких кормах для свиней. Також залишається без уваги фуз, який отримано після фільтрації олії. Висока кормова цінність фуза обумовлена високим вмістом протеїну (23–26 %) та жиру (43–47 %) і низьким вмістом клітковини (7–10 %).

В зв'язку з цим виникає необхідність в удосконаленні розробленої технологічної лінії у напрямку приготування рідких кормів для свиней.

#### Матеріали та методи

Метою досліджень є удосконалення технологічної лінії комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва. Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання досліджень: провести аналіз технологій переробки рослинної сировини олійних культур у корми, розробити технологічну лінію комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми, обґрунтувати склад відповідного техніко-технологічного забезпечення. Дослідження проводилися з використанням методів патентно-інформаційного пошуку і аналізу результатів попередніх досліджень.

#### Результати досліджень та обговорення

Аналіз використання рідких кормів для відгодівлі свиней дозволив виділити наступні переваги:

- рідкі корми є більш нативними фізіологічним потребам тварини;
- в процесі приготування і роздавання є можливість поступово замінювати раціон тварини;
- під час приготування і роздавання можна використовувати прецизійне дозування корму

і його компонентів;

- можливість прецизійного внесення мікродобавок, преміксів, медикаментів тощо;
- незначні втрати корму;
- можливість не використовувати напувалки;
- коефіцієнт конверсії корму в порівнянні із сухими кормами знижується до 10 %;
- зменшується кількість гною, що позитивно впливає на економічні та екологічні аспекти виробництва;
- можливість одночасно застосовувати різні раціони для різних груп тварин, які знаходяться в одному приміщенні;
- висока швидкість доставки рідкого корму за допомогою трубопроводів;
- гнучкий процес рідкої годівлі, є можливість оперативно корегувати раціон безпосередньо під час роздавання;
- при рідкій годівлі менші затрати праці на 25 %, витрати електроенергії на 20 %, менший вплив людського фактору на процес приготування і роздачі;
- можливість ферментації кормової суміші, що підвищує біодоступність речовин.

Однак зазначені переваги з'являються лише в результаті якісного приготування рідкого корму, а саме забезпечення його структурності і однорідності по всьому об'єму. Цього можна досягти за рахунок впровадження технології диспергування (або гомогенізації) з використанням кавітаційної обробки.

Згідно з дослідженнями (Skryl et al., 2011) саме кавітаційне диспергування рідких кормів дозволяє отримати приріст живої маси свиней на відгодівлі – на 20–25 %, збільшення багатопліддя свиноматок – на 10–15 %, молочності – на 19–23 %, виключений прохолост – до 9 %.

У процесі кавітаційного диспергування компонентів кормів відбувається часткове руйнування клітковини і целюлози, розщеплення білка до амінокислот і олігопептидів, які всмоктуються в кров, минаючи ферментативну систему тварини (Bykov et al., 2011). У варіантах переробки зернових і олійних культур крохмальні зерна перетворюються в цукри, відбувається емульгація жирів, створюються стійкі з'єднання молекул поживних речовин з молекулами води (рис. 1).

Водночас переробка корму на кавітаційних установках не призводить до жорсткої зміни білкового комплексу, характерного для інших типів термічних обробок, зберігаються

натуральні вітаміни і ферменти (амілаза). В результаті виробляються гомогенні кормові суміші з оптимальною для травлення тварин вологістю (69–72 %) і дисперсністю (0,6–1,2 мм.) (Shevchenko et al., 2013).

Зокрема, в кормових сумішах, що готують з компонентів в нативному вигляді (зерно

злакових, бобових та ін.), зберігається жива субстанція (гормони, ферменти тощо) (Pavlichenko et al., 2012; Pavlichenko et al., 2014). У процесі обробки вони позбавляються від олігосахарів і антиметаболітів. Кормові суміші виробляються в пастеризованому вигляді й готові до вживання.



Рис. 1. Ефективність кавітаційного диспергування рідких кормів

На підставі вищезазначеного зроблено такі висновки:

- виробництво рідких кормів і кормових добавок на основі кавітаційної диспергації є ефективним, з точки зору економіки, передовим методом, що забезпечує покращення біологічних і хімічних якостей кормів;
- метод дозволяє застосовувати весь спектр компонентів рослинної сировини;
- отримати гомогенну рідку кормову суміш з добрими органолептичними якостями за рахунок зміни поживних речовин (вуглеводів, білків, клітковини тощо);
- кавітаційна обробка надає м'яку дію на протеїновий комплекс рослинної сировини, що забезпечує високий ступінь емульгації жирів, який призводить до збільшення його перетравлюваність тваринами (на 6,3 %);

- збільшується доступність мономірних елементів за рахунок зниження ефекту важкоперетравності клітковини;
- збільшується екстракція біологічно активних речовин та розчинних білків;
- збільшується засвоюваність трав'яного корму та його загальна біологічна цінність;
- спрощується технологічний процес виробництва білково-вітамінного трав'яного корму;
- зменшуються втрати поживних речовин;
- знижуються енерговитрати при виробництві білково-вітамінного трав'яного корму;
- збільшується до 70 % вміст протеїну через білки жомової частини;
- технологія кавітаційної обробки всієї маси рослинної сировини забезпечує позбавлення від необхідності переробки

жому;

- кавітаційний ефект при диспергуванні зеленої маси забезпечує максимальне екстрагування компонентів із рослинних клітин;
- кавітаційна обробка доречна для зеленої маси і для білоквмісних компонентів (пивна дробина, меляса, відходи спиртопереробної промисловості тощо);
- можна стверджувати про високу ефективність кормів, які біохімічно підготовлені для згодовування сільськогосподарським тваринам всіх видів.

Вищезазначені переваги процесу диспергування рідких кормів дозволяють включити їх до технологічної лінії комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва (рис. 2).

Запропонована лінія включає наступні етапи технологічного процесу. З товарного насіння олійних культур за допомогою пресу отримуємо нефільтровану олію і макуху. Нефільтрована олія проходить через лінію фільтрації, в результаті чого виділяється очищена олія, яка йде на продовольчі цілі і фуз, який використовується як високопоживна кормова добавка. Макуха подрібнюється і розділюється на дві фракції: білкова і лушпинна. Лушпинна фракція використовується як один з компонентів для виготовлення паливних брикетів, а білкова фракція може використовуватися як компонент при отриманні сухих кормових гранул. Також білкова фракція разом із фузом, фуражним зерном, зерновідходами і преміксами з використанням кавітаційного диспергатора перероблюються у рідкий корм.



Рис. 2. Удосконалена технологічна лінія комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва

Згідно з рис. 2, технологічна лінія комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва повинна мати в своєму складі наступне техніко-технологічне забезпечення: подрібнювач і просіювач макухи, гранулятор для виробництва сухих кормових гранул, диспергатор

для виробництва рідкого корму.

Порівняння удосконаленої технологічної лінії комплексної безвідходної переробки рослинної сировини із базовою, що розроблена в Інституті олійних культур НААН, проведено на основі техніко-економічної оцінки. Технічна характеристика обладнання представлена в табл. 1.

Таблиця 1. Технічна характеристика обладнання

Технологічна лінія	Присутні в обох варіантах					Базова	Удосконалена
	Транспортер для пресу	Пресекструдер	Лінія фільтрації	Транспортер для дробарки	Молоткова дробарка		
Марка	ШТ-3	ММШ-60	ЛФ-2	ШТ-3	ДМ-800	Г-200	РДН-2
Продуктивність, кг/год.	3000	60	70	3000	800	200	2000
Потужність, кВт	2,2	7,5	2,2	2,2	7,5	7,5	4
Вихід олії	0	0,25	0	0	0	0	0
Ціна, грн	10000	57800	37200	10000	14800	30500	69200

За вихідні дані було прийнято: вартість 1 кг насіння льону олійного – 12,5 грн/кг; вартість 1 кг лаяної олії – 60 грн/кг; вартість 1 кг рідкого корму – 8,6 грн/кг; вартість 1 кг брикетів – 2,2 грн/кг; вартість 1 кг кормових пелет – 7,9 грн/кг; вартість 1 кг води – 0,05 грн; вартість 1 кВт електроенергії – 1,81 грн; тарифна ставка робітника – 25 грн/год.

В результаті техніко-економічного

розрахунку отримані дані, які зведені у табл. 2. Як видно з табл. 2, сукупні питомі затрати для базової й удосконаленої технологічних ліній практично однакові: 14,37 грн/кг і 14,38 грн/кг, відповідно. Однак водночас питомий прибуток вищий у удосконаленої технологічної лінії і складає 5,41 грн/кг, що на 2,15 грн/кг вище, ніж у базової.

Таблиця 2. Результати техніко-економічного розрахунку удосконаленої і базової технологічних ліній комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва

Показник	Базова технологічна лінія	Удосконалена технологічна лінія
1	2	3
Маса насіння, кг	1000	1000
Маса отриманої олії, кг	250	250
Маса фуза, кг	25	25
Маса отриманої макухи, кг	725	725
Маса води, кг	0	206,25
Маса білкової фракції, кг	181,25	181,25
Маса рідкого корму, кг	0	412,5
Маса лушпинної фракції (брекетів), кг	543,75	543,75
Сукупні експлуатаційні затрати, грн	872,42	864,83
Питомі експлуатаційні затрати, грн/кг	0,87	0,86
Вартість насіння, грн	12500,00	12500,00
Вартість отриманої олії, грн	15000,00	15000,00
Вартість рідкого корму, грн	0	3584,63
Вартість кормових пелетів, грн	1431,88	0
Вартість брикетів, грн	1196,25	1196,25
Вартість води, грн	0	10,31

Закінчення таблиці 2

1	2	3
Питома вартість отриманої олії, грн	15,00	15,00
Питома вартість кормових пелетів, грн	1,43	3,58
Питомі затрати на логістику, грн/кг	1,20	0,80
Питома вартість брикетів, грн	0,80	1,20
Затрати на логістику, грн	800,00	800,00
Вартість отриманої продукції, грн	17628,13	19780,88
Питома вартість отриманої продукції, грн/кг	17,63	19,78
Сукупні затрати, грн	14372,42	14375,14
Сукупні питомі затрати, грн/кг	14,37	14,38
Прибуток, грн	3255,70	5405,73
Питомий прибуток, грн/кг	3,26	5,41

### Висновки

В результаті аналізу сучасного техніко-технологічного забезпечення переробки рослинної сировини проведено удосконалення технологічної лінії комплексної безвідходної переробки відходів олійних культур у корми для органічного тваринництва. Враховуючи необхідність у отриманні як сухих, так і рідких кормів до технологічної лінії введено процеси гранулювання і кавітаційного диспергування відповідних кормів. Таке охоплення продуктів кормовиробництва дозволяє використовувати пропонувану технологічну лінію приготування кормів як універсальну.

В результаті техніко-економічного розрахунку встановлено, що сукупні питомі затрати для базової й удосконаленої технологічних ліній практично однакові: 14,37 грн/кг і 14,38 грн/кг, відповідно. Однак питомий прибуток вищий у удосконаленої технологічної лінії і складає 5,41 грн/кг, що на 2,15 грн/кг вище, ніж у базової. Враховуючи це, можна стверджувати про ефективність удосконаленої технологічної лінії комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва.

### References

Aliiev, E. B., Patsula, O. M. & Hrytsenko, V. T. (2017). Tekhnolohiia kompleksnoi bezvidkhidnoi pererobky makukhy z nasinnia oliinykh kultur z oderzhanniam vysokoiakisnykh povnotsinnykh proteinovykh dobavok u vyhliadi pelet ta tverdoho biopalyva [Technology of complex waste-free

processing of cake from oilseeds with obtaining high-quality full-fledged protein additives in the form of pellets and solid biofuels]. Zaporizhzhya : STATUS [in Ukrainian].

Bykov, A. V., Kvan, O. V., Sizentsov, A. N., Mezhueva, L. V., Rusyaeva, M. L. & Sizentsov, Y. A. (2018). Development of the technology of receiving fodder products on the basis of ultrasonic impact on cellulose containing and fatty waste. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 80 (3), 236–242. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-236-242.

Chalaya, O., Nanka, A., Paliy, A., Nagornij, S. & Chalyi, O. (2019). Study of quality indicators for meat raw materials and the effectiveness of a protective technological method under conditions of different content of heavy metals in a pig diet. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11), 74–81. doi: 10.15587/1729-4061.2019.174154.

Chernovol, M., Sviren, M. & Kisilov, R. (2018). Pryhotuvannia kormovykh sumishei kombinovanykh zmishuvachem [Preparation of feed mixtures with a combined mixer]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 2, 54–59. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201802-09> [in Ukrainian].

Pavlichenko, V. M., Lykhodid, V. V., Luts, P. M., Sichkar, A. V. & Doruda, S. O. (2014). Obruntuvannia optymalnykh rezhymiv roboty udoskonalenoho zrazka rotorno-kavitatsiinoho dysperhatora pry podribnenni roslynnykh kormiv [Substantiation of optimal operating modes of the improved sample of the rotor-cavitation dispersant at grinding of vegetable forages]. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*, 44 (1), 252–258 [in Ukrainian].

Pavlichenko, V. M., Troitska, O. O. & Lykhodid, V. V. (2012). Obgruntuvannia tekhniko-tekhnolohichnykh osnov enerhooshchadnoho vyrobnytstva kormovoi dobavky na osnovi roslynnoi syrovyny. [Substantiation of technical and technological bases of energy saving production of feed additive on the basis of vegetable raw materials]. *Mekhanizatsiia, ekolohizatsiia ta konvertatsiia biosyrovyny v tvarynnytstvi*, 1 (9), 10–21 [in Ukrainian].

Shatskiy, V. V. (1998). Modelirovaniye mekhanizirovannykh protsessov prigotovleniya kormov [Simulation of mechanized processes for the preparation of feed]. Zaporozhye : PTs "X-PRESS" [in Ukrainian].

Shevchenko, I. A., Liakh, V. O., Poliakov, O. I., Soroka, A. I., Vedmedieva, K. V., Zhuravel, V. M. ... Budilka, H. I. (2017). Lon oliinyi, harchytsia. Stratehiia vyrobnytstva oliinoi syrovyny v Ukraini (maloposhyreni kultury) [Oil raw material production strategy in Ukraine (uncommon crops)]. Zaporizhzhya : STATUS [in Ukrainian].

Shevchenko, I. A., Pavlichenko, V. M., Lykhodid, V. V. & Zabudchenko, V. M. (2013). Analiz konstruktсии tekhnichnykh zasobiv dlia vyrobnytstva vysokozasvoiuivanykh kormiv [Analysis of the design of technical means for the production of highly digestible feed]. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia*

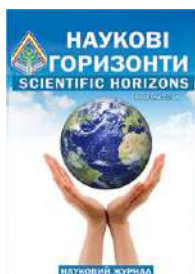
*silskohospodarskykh mashyn*, 43 (1), 179–184 [in Ukrainian].

Shevchenko, I. A., Polyakov, O. I., Vedmedeva, K. V. & Komarova, I. B. (2017). Ryzhii, saflor, kunzhut. Stratehiia vyrobnytstva oliinoi syrovyny v Ukraini (maloposhyreni kultury) [Oil raw material production strategy in Ukraine (uncommon crops)]. Zaporizhzhya : STATUS [in Ukrainian].

Skryl, I. I. & Kovalchuk, A. N. (2011). Kavitatsionnaya tekhnologiya i oborudovaniye dlya proizvodstva zhidkikh kormov [Cavitation technology and equipment for the production of liquid feed]. *Materialy mezhdunarodnoy zaochnoy nauchnoy konferentsii «Problemy sovremennoy agrarnoy nauki»*. Krasnoyarsk : KGAU. Retrieved from :

<http://www.kgau.ru/img/konferenc/2011/d3.doc>. [in Russian].

Zaytsev, V. V., Konstantinov, V. A. & Kornilova, V. A. (2015). Effektivnost ispolzovaniya ekstrudirovannykh kombikormov-kontsentratorov v kormlenii korov [The effectiveness of the use of extruded animal feed concentrates in feeding cows]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 10 (41), 28–31. doi: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2015.41.097> [in Russian].



UDC 631.356.2

## INCREASING SUGAR BEET FEEDSTOCK QUALITY THROUGH INTENSIFICATION OF ROOT CLEANING AT HARVESTING

M. Volokha

Article info

Received  
19.05.2020

Accepted  
24.06.2020

Institute of  
Bioenergy  
Crops and  
Sugar Beets  
NAAS  
25, Klinichna  
Str., Kyiv,  
03110, Ukraine

E-mail:  
[volmp@i.ua](mailto:volmp@i.ua)

***Volokha, M. (2020). Increasing sugar beet feedstock quality through intensification of root cleaning at harvesting. Scientific Horizons, 07 (92), 120–125. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-120-125.***

*Given the import of fuel energy and lack of access to foreign sugar markets, the need to revive the sugar beet complex is an important factor determining the production of bioethanol from sugar beets in Ukraine. To stabilize the industry, it is necessary to introduce the production of bioethanol in beet processing plants, identifying priority measures for the development of biofuel production in our country and ways to establish the operation of sugar factories for the production of sugar and biofuels. Physical contamination of the heap of harvested roots, which mainly depends on the technical perfection of the working bodies of beet harvesters, leads to a decrease in the quality of raw sugar, because impurities and severely damaged, including diseases and pests, roots prevent the extraction of sugar, reducing the quality of diffusion juice and increasing the sugar content in the molasses. Known developments when installed on the root harvester additional cleaning and transporting devices complicated its design and overall dimensions. With this in mind, the aim of the study is to improve the quality of cleaning of roots during their excavation by modeling the surface of the cleaner-conveyor of the digging working body.*

*The research was carried out by methods of applied geometry, agricultural mechanics, analysis of variance using the software application MS Excel. Samples of heap of root crops were taken according to the methodology of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets. The most widespread among digging working bodies of modern root-harvesting machines of domestic and foreign production are diggers of disk type due to their ability to crush the soil well with a small amount of its fence, reliability of work on heavy soils and weedy fields and high productivity. In the upper rear part of the disk digging working body there is a beater or a screw auger, to which the roots are fed in a pile with the remnants of a disc cut of soil, buds and weeds. The disadvantage is the low cleaning capacity of the bitering device, which solely by impact overturns a pile of roots, or a screw with a screw winding, when the roots together with plant and soil residues accumulate in the rear area of the auger, which also leads to a decrease in productivity of the technological process of digging and deterioration of cleaning of roots.*

*Experimental field studies of the developed samples of new augers-conveyors of the disk digger established that at work of clearing surfaces with winding in the form of direct and inclined helicoids of a variable step at the increased hardness of soil the quantity of lumps in diameter more than 50 mm essentially decreases as in variants, and in relation to control. Indicators of impurities in the form of green mass and the number of damaged roots at medium soil hardness are the lowest in the case of using an inclined helical auger. The inclined helical auger on soils of the increased hardness also provided decrease in weight of the damaged root crops in comparison with the bither cleaner. Researchers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets NAAS continue research to develop and improve technologies for growing and harvesting sugar beets in order to improve their productivity and quality of raw materials for processing into bioethanol and biodiesel.*

**Key words:** *sugar beet, roots, biofuels, technological quality of raw materials, disk diggers, helicoid.*

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЦУКРОСИРОВИНИ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ПРИ ЇХ ВИКОПУВАННІ

М. П. Волоха

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН  
вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

*Зважаючи на імпорту паливних енергоносіїв та відсутність доступу на зовнішні ринки цукру, потреба у відродженні бурякоцукрового комплексу є важливим чинником, що зумовлює виробництво біоетанолу з цукрових буряків в Україні. Метою дослідження є підвищення якості очищення коренеплодів під час їх викопування шляхом моделювання поверхні очисника-транспортера викопувального робочого органа. Дослідження проводилися методами прикладної геометрії, землеробської механіки, дисперсійного аналізу з використанням програмного додатку MS Excel. Встановлено, що фізична забрудненість вороху зібраних коренеплодів, яка в основному залежить від технічної досконалості робочих органів бурякозбиральних машин, призводить до зниження якості цукросировини, адже сторонні домішки та сильно пошкоджені, в тому числі хворобами і шкідниками, коренеплоди заважають вилученню цукру, знижуючи доброякісність дифузійного соку та збільшуючи вмісту цукру в мелясі. Відомі розробки, де встановлені на коренезбиральну машину додаткові очищувально-транспортуючі пристрої ускладнювали її конструкцію і габаритні розміри.*

*Проби вороху коренеплодів відбиралися відповідно до методики Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Найпоширенішими серед викопувальних робочих органів сучасних коренезбиральних машин вітчизняного і зарубіжного виробництва є копачі дискового типу завдяки їх здатності добре кришити ґрунт при малій кількості його забору, надійності роботи на важких ґрунтах і забур'яненних полях та високій продуктивності. У верхній задній частині дискового викопувального робочого органа розташовується бітер чи гвинтовий шнек, до яких подаються коренеплоди у купі із залишками підрізаної дисками скиби ґрунту, гички і бур'янів. Встановлено, що недоліком є низька очищувальна здатність бітерного пристрою, який виключно за рахунок удару перекидає ворох коренеплодів, чи шнека з гвинтовою навивкою, коли коренеплоди разом з рослинними та ґрунтовими рештками скупчуються у задній зоні шнека. Науковцями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН продовжуються дослідження з розробки і удосконалення технологій вирощування і збирання буряків цукрових з метою підвищення їх продуктивності та якості сировини для переробки на біоетанол та біодизель.*

**Ключові слова:** буряки цукрові, коренеплоди, біопаливо, технологічна якість сировини, дискові копачі, гелікоід.

### Вступ

Традиційно буряк цукровий розглядається як культура для виробництва білого цукру, між тим, завдяки високому вмісту в ньому цукрози, яка може бути перетворена у біоетанол, цукровий буряк є однією з небагатьох технічних культур, придатних для виробництва з неї біопалив (Polishchuk et al., 2018; Zhelezna et al., 2018; Logush et al., 2019)

Комплекс біологічних, фізичних і хімічних особливостей коренеплодів, що визначають перебіг технологічних процесів на заводі і вихід кристалічного білого цукру, є показниками їх технологічної якості. Для сировини буряків цукрових характерні різкі зміни показників технологічної якості у процесі збирання і зберігання. Одним з найважливіших серед них є фізичні властивості сировини: забрудненість

вороху коренеплодів землею і залишками зеленої маси, механічні пошкодження коренеплодів, підв'яленість, підмороженість, дуплистість, ураженість хворобами (у тому числі кореневими гнилями) та шкідниками.

Коренеплід цукрового буряка – живий організм, який після викопування продовжує дихати подібно до періоду вегетації, споживає кисень, генеруючи при цьому тепло та виділяючи вуглекислий газ. Якість сформованої в кагати сировини за таких умов вочевидь погіршується внаслідок комплексу фізіологічних процесів, а її маса зменшується за рахунок цукрози, що витрачається на дихання і випарювання вологи при всиханні.

За даними НДІ цукрової промисловості під час переробки цукросировини кожний відсоток зеленої маси на коренеплодах призводить до

зниження доброякісності дифузійного соку на 0,4–0,5 % і збільшення вмісту цукру в мелясі на 0,1 %. Загалом, при тривалому заводському зберіганні (більше 60 діб) сильно пошкоджених і забруднених землею та рослинними залишками коренеплодів внаслідок ураження кагатною гниллю, значно погіршуються кондиції сировини, а втрати цукру зростають у 5–7 разів.

Зменшення маси сировини залежить також від метеорологічних умов і на вітчизняних заводах за весь сезон зберігання коливається у межах 1,5–3,0 % до первинної маси укладеного буряка. Зниження цукристості при тривалому зберіганні буряка прямо залежить від його організації. Основна доля втрат сахарози (до 75 %) припадає на процеси дихання (Chernyavskaya et al., 2013).

З літературних джерел відомо, що дана проблема постає і в інших країнах світу: у Франції за середньорічного валового збору 33 млн т буряків втрати при зберіганні складають 100 тис. т, або 0,3 %. Середньодобові втрати цукру за період зберігання в Англії складають 160 г/т; в Ірландії – 200; у Франції – 400; в Німеччині – 450; у США – більше 450 г/т (Kuhar et al., 2013).

Продуктивність виробництва буряків цукрових та технологічна якість коренеплодів визначається рівнем застосовуваних механізованих технологій на всіх етапах від основного обробітку ґрунту до отримання бурякової сировини на заводі восени наступного року. Проте, якість викопаних коренеплодів значно залежить від технічної досконалості

робочих органів бурякозбиральних машин, насамперед гичкорізів, копачів та очисників.

Викопувальні робочі органи подають разом з викопаними коренеплодами на наступні очисні системи коренезбиральної машини недопустимо значну масову кількість ґрунтових домішок (у середньому до 10...15 т з 1 га). За умов підвищеної твердості (понад 4,0–4,5 МПа) і щільності ґрунту та значної забур'яненості поля різко зростає (до 13–15 %) кількість невикопаних коренеплодів і до 40 % коренеплодів викопуються пошкодженими, обсяги безповоротної «доставки» родючих чорноземів на бурякоприймальні пункти заводів у вигляді домішок з брил землі сягають 42–47 % від загальної маси вороху коренеплодів, як, наприклад, у 1994 році, коли з господарств сировинної зони Погребищенського цукрового заводу на призаводський бурякопункт було привезено понад 25 тис. т землі і зеленої маси (Balan et al., 2000).

Цукровому заводу необхідно мати такі буряки, сік яких, по можливості, був би без сторонніх домішок, які заважають вилученню цукру. Однак, незважаючи на вимоги національного стандарту (*Koreneplody tsukrovoho buryaka dlya promyslovoho pereroblyannya*, 2014), цукрові заводи вимушені приймати некондиційну сировину. Скажімо, показники фізичної якості сировини, доставленої на Яреськівський цукровий завод (Полтавська область) у 2018 році за даними асоціації «Укрцукор» значно перевищили вимоги держстандарту (табл. 1).

Таблиця 1. Показники фізичної якості сировини (Яреськівський цукровий завод, 2018 р.)

Характеристики сировини	Показники якісної сировини (за масою), %	Показники прийнятої заводом сировини (за масою), %
Загальна забрудненість, у т. ч.:	5,0–6,0	10,0–15,0
– зелена маса	0,1–0,5	1,0–3,0
– значні механічні пошкодження	8,0–10,0	20,0–25,0

Для покращення очищення вороху коренеплодів на коренезбиральну машину встановлювали додаткові очищувально-транспортуючі робочі органи, як, наприклад, пристрій що складається з чотирьох вальців, що зустрічно обертаються, і гвинтового шнека, розташованих фронтально слідом за дисковими копачами машини МКП-6 (Golovach et al., 2012) Така комбінація очищувальних та

транспортуючих робочих органів дозволяє ефективніше очищувати ворох коренеплодів від ґрунтових і рослинних домішок, проте значно ускладнює конструкцію машини і збільшує габарит по довжині.

Метою дослідження є підвищення якості очищення коренеплодів під час їх викопування шляхом моделювання робочої поверхні очисника викопувального робочого органа.

## Матеріали та методи

Теоретико-експериментальні дослідження проводилися з використанням методів прикладної геометрії, землеробської механіки, дисперсійного аналізу та програмного додатку MS Excel. Проби вороху коренеплодів відбиралися відповідно до методичних розробок Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.

### Результати досліджень та обговорення

Поміж сучасних самохідних бурякозбиральних комбайнів і причіпних коренезбиральних машин найпоширенішими є ті, що оснащені дисковими викопувальними робочими органами різних конструкцій: РКМ–6–01 «Днепромаш–Інвест»; КС–6 та її модифікації «Тернопільський комбайновий завод»; Holmer, Vervaet, Parma, Grimme (Німеччина); Alloway, Amity (США) та інші. Перевагами копачів дискового типу є їх здатність добре кришити ґрунт при малій кількості його забору, надійність роботи на важких ґрунтах і забур'яненних полях, висока продуктивність, підйом коренеплодів на значну висоту (Volokha et al., 2016). Експлуатація таких копачів можлива на вищих швидкостях у порівнянні з кулачковими, лемешковими чи вильчастими з одночасним забезпеченням кращих показників технологічної надійності виконання процесу і якості первинного очищення викопаних коренеплодів від залишків ґрунту, гички та кореневищ бур'янів (Volokha et al., 2016).

У верхній задній частині дискового викопувального робочого органа розташовується бітер чи гвинтовий шнек, до яких подаються коренеплоди у купі із залишками підрізаної дисками скиби ґрунту, гички і бур'янів. Відомо, що очищувальна здатність бітерного пристрою, який виключно за рахунок удару перекидає ворох коренеплодів, є низькою, а при роботі шнека з гвинтовою навивкою, коренеплоди разом з рослинними та ґрунтовими рештками скупчуються у задній зоні шнека, особливо на забур'яненних, твердих чи перезволожених ґрунтах, що також призводить до зниження продуктивності виконання технологічного процесу викопування та погіршення очищення коренеплодів (Volokha et al., 2016).

Розроблені копачі включають удосконалений транспортуючий шнек-очисник з робочою поверхнею у формі гелікоїда прямого (Patent No. 59726, 2006) та похилого (Patent No. 78042, 2013), особливістю конструкції яких є зменшення кроку навивки Р в напрямку від центра дисків до їх периферії.

При обертанні шнека будь-яка уявна точка А

його гвинтової поверхні, перемістившись із одного положення в інше у перпендикулярній до осі шнека площині опише деяку дугу повного оберту  $A_1 \wedge A_1'$ , а у площині рисунка переміститься вздовж цієї ж осі на відстань (долю кроку Р)  $A_2A_2'$ , що можна подати у вигляді формули:

$$A_1 \wedge A_1' / 360^\circ = A_2A_2' / P,$$

звідки:

$$A_1 \wedge A_1' = A_2A_2' 360^\circ / P$$

Врахувавши, що крок навивки поступово зменшується ( $P_1 > P_2 > P_3$ ) отримаємо обернену залежність: із зменшенням кроку шнека збільшується швидкість обертання його робочої поверхні в результаті чого покращується інтенсивність очищення коренеплодів.

Поверхня шнека копача (Patent No. 78042, 2013) – похилий гелікоїд, твірна якого утворює гострий кут з віссю. Така форма робочої поверхні шнека, крок гвинтової навивки якого і нахил твірної у напрямку виконання технологічного процесу плавно зменшуються, забезпечує підвищення кутової швидкості транспортування коренеплодів. Тобто при переміщенні оберемка вороху коренеплодів шнеком створюється поступове збільшення сили тертя завдяки чому зменшуються скупчення на його поверхні і покращується очищення коренеплодів.

Експериментальні дослідження на однорядній установці, навішеній на трактор ЮМЗ-7071, проводились у Державному підприємстві «Дослідне господарство Шевченківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Копачі приводились в обертальний рух від вала відбору потужності трактора, а їх заглиблення регулювалось опорними колесами. Проби вороху коренеплодів відбирались у 4-кратній повторності. Викопана проба після очисника потрапляла на поліетиленову плівку, що мимовільно розгорталася слідом за копачем, і відповідно до стандартної методики розділялася на фракції. Отримані дані оброблялися статистично (Volokha et al., 2016).

Як видно із рис. 1а, за твердості ґрунту вище 3,5 МПа забрудненість грудками землі діаметром більше 50 мм у разі використання експериментальних гелікоїдальних шнеків суттєво зменшувалась як у варіантах між собою (прямий, похилий), так і відносно контролю (12,3 %, 16,9 % проти 19,8 % за НР<sub>05</sub>=2,5 %). За твердості ґрунту 4,0–4,5 МПа забрудненість грудками зменшувалась майже вдвічі (17,9 %, 18,5 % проти 35,7 %), (Volokha et al., 2016).

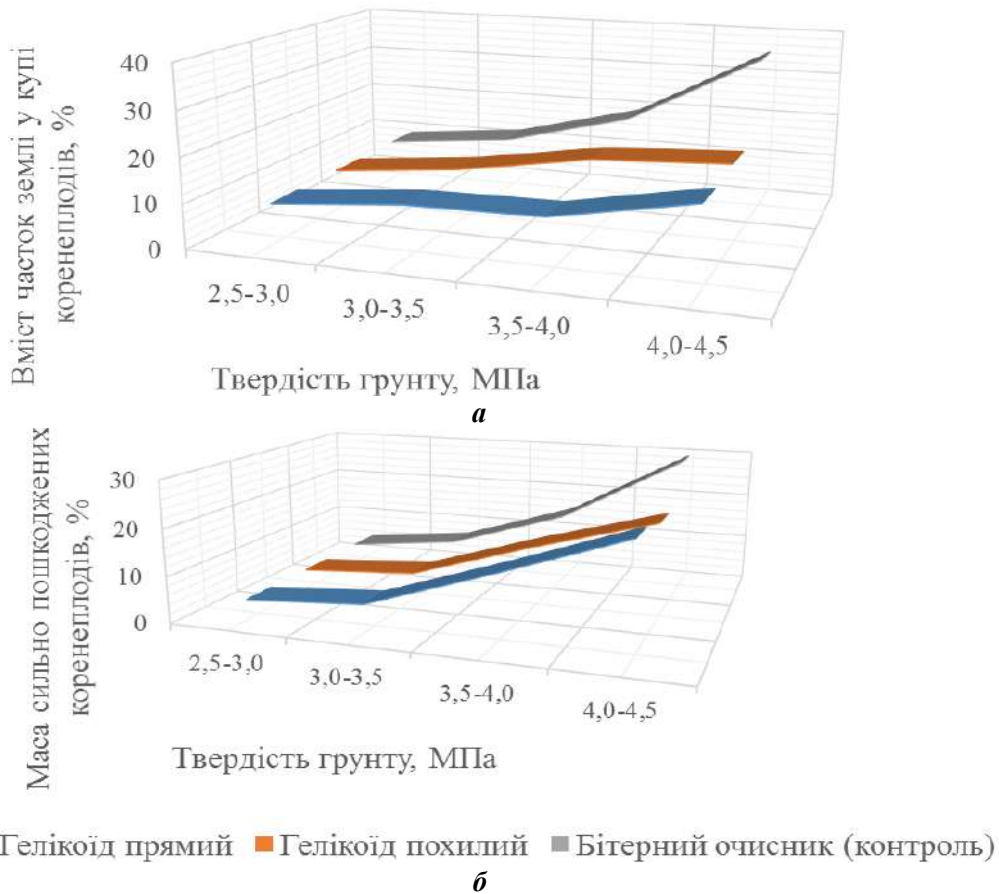


Рис. 1. Вплив твердості ґрунту і типу очисника на масу грудок землі  $\varnothing > 50$  мм (а) і масу пошкоджених коренеплодів (б) у купі вороху за глибини підкопування 8–10 см

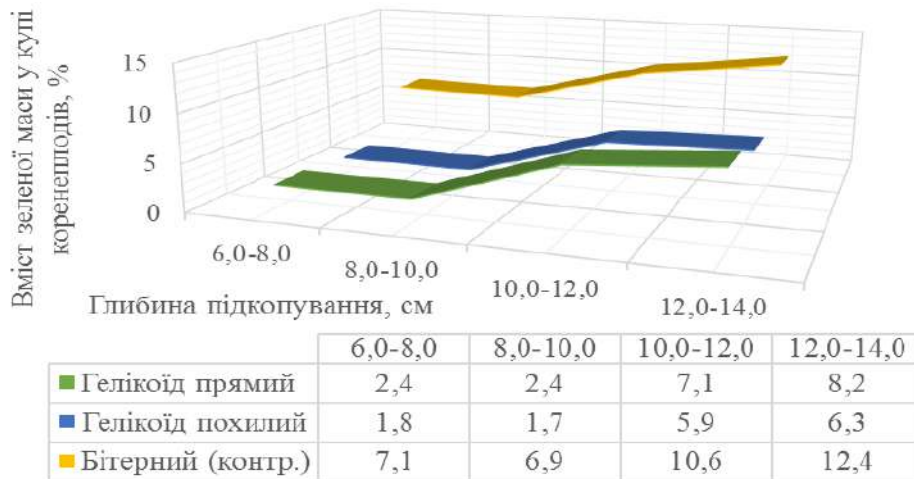


Рис. 2. Вплив глибини підкопування і типу очисника копача на кількість зеленої маси у купі коренеплодів (твердість ґрунту 2,5–3,0 МПа)

Вміст домішок у вигляді зеленої маси (гички і залишків бур'янів), (рис. 1а) та маса пошкоджених коренеплодів (рис. 1б) були найменшими (1,7 % та 4,3 %, відповідно) у разі використання похилого гелікоїдального шнека, що є суттєвим зниженням проти бітерного

пристрою за показником зеленої маси (6,9 %,  $HP_{05} = 3,4$  %) і несуттєвим (0,2 %) – за показником пошкоджень коренеплодів. Однак при роботі копачів на ґрунтах підвищеної твердості (понад 3,5 МПа) кількість дуже пошкоджених коренеплодів різко збільшується,

хоча гелікоїдальні очисники отримують суттєву перевагу перед бітерними. Так, зокрема, за твердості 4,0–4,5 МПа маса пошкоджених коренеплодів похилим гелікоїдальним шнеком досягла 21,1 %, прямим – 23,6 %, бітерним очисником – 29,6 % за НІР<sub>05</sub>=2,7 %.

Отже, шнеки дискових копачів, виконані у формі гелікоїдів зі змінним кроком навивки в порівнянні з бітерним пристроєм покращують первинне очищення коренеплодів від грудок землі і рослинних залишків, особливо при роботі на ґрунтах підвищеної твердості, коли також суттєво зменшується маса пошкоджених коренеплодів.

### Висновки

Існуючий в Україні потенціал біомаси енергетичних культур, серед яких і буряки цукрові, використовується біоенергетикою для переробки на паливо приблизно на 10 %. Поряд з проблемою підвищення врожайності буряків цукрових, особливо на тлі теперішнього значного скорочення посівних площ, актуальним є завдання покращення якості очищення вивантажених коренеплодів. Дослідженням розроблених шнеків-транспортерів дискового копача встановлено, що при роботі очисних поверхонь з навивкою у формі прямого і похилого гелікоїдів змінного кроку за підвищеної твердості ґрунту кількість грудок діаметром більше 50 мм істотно зменшується як у варіантах між собою (прямий, похилий), так і відносно контролю. Показники вмісту домішок у вигляді зеленої маси та кількості пошкоджених коренеплодів за середньої твердості ґрунту є найнижчі у разі використання похилого гелікоїдального шнека. Похилий гелікоїдальний шнек на ґрунтах підвищеної твердості забезпечив також зниження маси пошкоджених коренеплодів у порівнянні з серійним бітерним очисником.

### References

- Balan, V. M., Silakov, M. I., Sadovy, I. P. & Bevez, M. M. (2000). Pamiatka buriakovoda [Monument to the beet grower]. Pohrebyshche: Asotsiatsiia «Vinnytsia tsukor» [in Ukrainian].
- Chernyavskaya, L. I., Kukhar, V. N. & Chernyavskiy A. P. (2013). Obespecheniye zavoda vysokokachestvennym syr'em [Providing the plant with high-quality raw materials]. *Sakhar*, 9, 29–34 [in Russian].
- Doroshenko, Y. O., Volokha, M. P. & Boldyreva, L. V. (2013). Patent Ukrainy 78042. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [in Ukrainian].
- Holovach, I. V., Prysiaznyi, V. H. & Wesolowski, M. (2012). Rozrobka vdoskonalenoj ochystky prychipnoi korenezbyralnoi mashyny [Development of advanced cleaning of the trailed root-harvesting machine]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Tekhnichni nauky*, 11 (1), 128–132 [in Ukrainian].
- Koreneplody tsukrovoho buryaka dlya promyslovoho pereroblyannya. Tekhnichni umovy (2014) [Sugar beet roots for industrial processing. Specifications] DSTU 4327:2013. Natsionalnyy standart Ukrainy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
- Kuhar, V. N., Chernyavskaya, L. I., Chernyavskiy, A. P. & Potelchak, V. A. (2013). Vyrashchivaniye svekly, eye uborka i khraneniye v fermerskikh khazyaystvakh: zarubezhnyy opyt [Growing beets, harvesting and storing them on farms: foreign experience]. *Tsukor Ukrainy*, 3, 40–45 [in Russian].
- Logush, I. V., Kyryk, O. M. & Shatrov, R. V. (2019). Porivnialnyi analiz vplyvu biopalyva na pokaznyky roboty dyzelia [Comparative analysis of the impact of biofuels on diesel performance]. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*, 10 (3), 133–138. doi: 10.31548/machenergy.2019.03.133-138 [in Ukrainian].
- Polishchuk, V. M., Golopura, S. M., Biletskii, V. R. & Styrankevych, G. R. (2018). National-economy application of diesel biofuels. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser. Tekhnika ta enerhetyka APK*, 297, 123–127. doi: 10.31548/machenergy.2018.03.123-127.
- Volokha, M. & Boldyreva, L. (2016). Primary cleaning of sugar beet roots from lumps of earth – a reserve for the preservation of fertile soils. *Ecological security of the state: abstracts of reports of the X All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and students* (pp. 139–140). Kyiv: NAU.
- Yurchuk, V. P., Volokha, M. P., Bashta, O. T. & Boldyreva, L. V. (2006). Patent Ukrainy 59726. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [in Ukrainian].
- Zheliezna, T. A., Drahnev, S. V., Bashtovyi, A. I. & Rohovskyi, I. L. (2018). Perspektyvy vyrobnytstva i spozhyvannia biopalyv druhoho pokolinnia v Ukraini [Prospects for the production and consumption of second-generation biofuels in Ukraine]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser. Tekhnika ta enerhetyka APK*, 296, 61–66. doi: 10.31548 / machenergy.2018.02.061-066 [in Ukrainian].



UDC 624.138.2.678.06

**CURVILINEAR MOVEMENT OF A FOUR-WHEEL MACHINE USING  
A SATELLITE NAVIGATION SYSTEM**  
**M. Dovzhik, A. Kalnaguz, Yu. Sirenko**

Article info

Received  
07.05.2020

Accepted  
24.06.2020

Sumy  
National  
Agrarian  
University  
160, G. Kondratieva  
Str., Sumy,  
40021, Ukraine

E-mail:  
[dovgukm@ukr.net](mailto:dovgukm@ukr.net);  
[fakyltet-mex@ukr.net](mailto:fakyltet-mex@ukr.net);  
[sirenko.ula2018@gmail.com](mailto:sirenko.ula2018@gmail.com)

*Dovzhik, M., Kalnaguz, A., Sirenko, Yu. (2020). Curvilinear movement of a four-wheel machine using a satellite navigation system. Scientific Horizons, 07 (92), 126–135. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-126-135.*

Tractors when performing agricultural and transport work move in a straight or curved trajectory, the curvature of which is constantly changing. Compilation of equations of curvilinear motion is one of the main tasks of modeling the turning. Fundamentally different assumptions underlying the description of the force interaction of the wheeled and tracked propulsion with the soil, led to the formation of different methodological approaches in the study of curvilinear motion of machines. Many of them have tried to obtain the equation of the trajectory by analytical, graphical and graph-analytical methods. This uses both approximate methods and accurate mathematical models that are too complex to use in practice. The necessity of studying the trajectories of unsteady motion is substantiated in the article.

Full automation of control of work of machines and machine-tractor units without participation of the driver needs to provide receiving the exact information on position of the unit concerning the set trajectory during all time of work. The aim of the study is to experimentally confirm the theoretical universal equations in parametric form for a given trajectory of curvilinear motion of a four-wheeled machine with controlled front wheels for sections of entrance to turn and exit of turn depending on the swing angle of the frame car taking into account the intensity of turning.

In this article, the analytical equations confirm the curved path of a four-wheeled vehicle with front steered wheels by using parametric equations depending on the swing angle of the frame car  $\varphi$ . Based on analytical equations for a given trajectory of curvilinear motion in parametric form for the car, experimental trajectories were obtained taking into account the intensity of turning the front wheels or car steering wheel to enter the turn and exit the turn of both directions (left and right) car Renault Logan using satellite navigation system. The results of the article can be used in the future to plan MTU reversals, which should be made the most rational and economical, when performing agricultural work, to limit unproductive power consumption and prevent damage to land on which reversals are performed, or to automatically for automatic control of units and machines.

**Key words:** four-wheeled car, trajectory of movement, turn, intensity factor, course angle, angle of turn of the car frame.

**КРИВОЛІНІЙНИЙ РУХ ЧОТИРЬОХКОЛІСНОЇ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ  
СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

**М. Я. Довжик, О. М. Калнагуз, Ю. В. Сіренко**

Сумський національний аграрний університет  
вул. Герасима Кіндратієва, 160, м. Суми, 40021, Україна

*Трактори при виконанні сільськогосподарських і транспортних робіт рухаються по прямолінійній або криволінійній траєкторії, кривизна якої безперервно змінюється. Складання рівнянь*

криволінійного руху є однією з основних задач моделювання повороту. Принципово різні припущення, покладені в основу опису силової взаємодії колісного і гусеничного рушія з ґрунтом, призвели до формування різних методологічних підходів у дослідженні криволінійного руху машин. Багатьма науковцями зроблені спроби отримати математичні рівняння криволінійної руху різними методами: аналітичними, графоаналітичними і графічними. Для чого були використані методи наближення, точних математичних моделей, але які дуже складні для застосування їх на практиці. Обґрунтовано в статті необхідність вивчення траєкторій неусталеного руху. Забезпечення отримання точної інформації про розташування агрегату відносно заданої траєкторії протягом всього робочого часу необхідно для повної автоматизації управління роботою машино-тракторних агрегатів та машин без допомоги водія. Метою дослідження є експериментальне підтвердження теоретичних універсальних рівнянь в параметричній формі для заданої траєкторії неусталеного руху чотирьохколісної машини з керованими передніми колесами для ділянок повороту в залежності від кута повороту рами машини враховуючи інтенсивність повороту.

Отримано підтвердження аналітичних рівнянь для криволінійної траєкторії чотирьохколісної машини з керованими передніми колесами з використанням параметричних рівнянь в залежності від кута повороту рами машини  $\varphi$ . На основі аналітичних рівнянь для курсової траєкторії криволінійного руху в параметричній формі для чотирьохколісної машини отримано експериментальні траєкторії з урахуванням інтенсивності повороту передніх коліс або керма для входу в поворот і вихід з повороту обох напрямків (лівого і правого) автомобіля Renault Logan з використанням супутникової навігаційної системи. Результатами роботи статті можна скористатися в подальшому для планування розворотів МТА, які належить зробити найбільш раціональними і економічними, при виконанні сільськогосподарських робіт; для зменшення непродуктивних витрат потужності і уникнення на розворотних ділянках полів пошкодження землі, або для складання програмного забезпечення автоматичного управління МТА.

**Ключові слова:** чотирьохколісна машина, поворот, курсова траєкторія руху, коефіцієнт інтенсивності, курсовий кут, кут повороту корпусу машини.

### **Вступ**

Одна з причин, з нашої точки зору, більш важлива у теперішні часи, за якої існує невідкладна потреба в дослідженні криволінійного руху трактора, пов'язана з розворотами агрегатів під час виконання польових робіт, які необхідно зробити найбільш економічними і раціональними, для обмеження непродуктивних витрат потужності та уникнення пошкодження ділянок землі на розворотних полосах. Складання рівнянь криволінійного руху є однією з основних задач моделювання повороту. Для цього необхідні рішення диференціальних рівнянь і отримання результату у вигляді рівнянь траєкторій та інших залежностей більш придатних для застосування.

Багато науковців приділяли увагу дослідженню криволінійного руху машин: В. Я. Анілович, В. І. Поддубний, С. М. Григор'єв, Ю. Т. Водолажченко, І. Є. Кавчинський та ін. Особливо потреба відчувається у визначенні траєкторії криволінійного руху за допомогою математичних рівнянь, що дало б можливість створювати програмне забезпечення керуванням

руху машини по заданим траєкторіям (Troianovska & Pozhydaiev, 2008). Зокрема, запропоновано аналітичні вирази для визначення кінематичних параметрів криволінійного руху колісної машини, які можуть бути використані для більшості кінематичних способів повороту, якщо приймати при розрахунках рівними нулю кути поворотів відповідних коліс, що дозволить і на стадії проектування, і в процесі експлуатації колісної машини з високим ступенем точності оцінити кінематику її повороту (Beljaev & Trishina, 2016). Наведено результати експериментальних досліджень з визначення параметрів траєкторії руху чотириколісного бавовницького трактора на базі трактора Кейс 4240Х з шестирядним культиватором на поворотній смугі бавовняного поля (Kambarov, 2016). За допомогою приладу з маркерів, розміщених у кожного колеса і по осі трактора, відзначали на поверхні поля траєкторію руху. В результаті були отримані польові траєкторії рушіїв трактора, які перетворюються в табличну форму з координатами Х і У. Представлено динамічну математичну модель сталого криволінійного руху для навантажувально-транспортного агрегату

(Fomin, 2017). За основу для моделювання взята просторова схема агрегату, яка дає можливість врахувати перерозподіл нормальних реакцій при криволінійному русі. В результаті експериментально були отримані траєкторії руху з урахуванням уводу при максимальному положенні керованих коліс. В статті наведена велика кількість математичних рівнянь, але вони надто складні для застосування на практиці.

Останнім часом з'явилися пропозиції користуватися інформацією супутникових навігаційних систем. Але при цьому виникає потреба в дорогому наземному обладнанні. Це так званий метод копіювання сліду типу борозни або якогось штучно створеного сліду. Дорого – ось причина, за якої автоматизація управління трактором поки що залишається тільки в умах вчених та мріях землеробів. І саме за цих причин задача автоматичного керування тракторами поки що не відноситься до першочергових, хоча, без сумніву, вона залишиться однією з найважливіших задач у недалекому майбутньому, тому що «достеменно встановлено, що автоматизація водіння сільськогосподарських МТА забезпечує цілком вагомий ефекти», і це – поліпшення умов праці, якість роботи, підвищення продуктивності, скорочення витрат насіння і засобів хімізації. Нарешті, автоматизація управління – це база для роботизації тракторів (Shipilevskiy, 2005). За цих причин вчені продовжують пошуки напрямів розвитку цієї важливої сфери. Ведуться роботи з автоматизації управління навісним та причіпним обладнанням, механізмами самого трактора, тобто наступив час вирішувати проблему комплексної автоматизації МТА.

Дослідженню траєкторій повороту або розвороту МТА, під час виконання польових робіт, або довільного транспортного засобу, присвячено також багато праць і світових науковців. Зокрема, висвітлена спроба оптимізувати шляхові точки і продемонструвати створення запланованого шляху для автономних тракторів-косарок з урахуванням поворотів (Song et al., 2013). На основі схем роботи був запропонований алгоритм планування шляху для автономної косарки-трактора. Дані польових випробувань показали деяке збіг, особливо в точках повороту. Для отримання траєкторії криволінійного руху пропонується використовувати змінену траєкторію LSPB з

оптимізацією рою частинок (PSO) для створення наскрізних точок на траєкторії (Al-khayyat, 2018). Швидкості отримані PSO, щоб змусити траєкторію LSPB проходити точно через зазначені точки шляху. Результати моделювання показують, що взаємодія зміненої траєкторії LSPB з PSO добре працює на перевірених випадках. Цей запропонований метод дуже простий, і його можна використовувати для оперативного планування шляху.

В роботі Булгакова (Bulgakov et al., 2019) теоретично проаналізовано поворотну здатність асиметричного агрегатно-тракторного агрегату з урахуванням його швидкості руху і конструктивних параметрів. З урахуванням причіпної асиметричної косарки і тракторного агрегату отримані рівняння для чисельного моделювання оцінки швидкості повороту на поворотній смузі.

У статті (Fashutdinov, 2020) для машинно-тракторних агрегатів з колісно-гусеничним рушієм з напівзчіпним ходом отримані теоретичні формули визначення фактичного радіуса повороту, моменту опору повороту і моменту обертання. Теоретичні передумови підтверджуються експериментальними дослідженнями маневреності машинно-тракторного агрегату з трактором на напівзчіпним ходом, виконаним в якості експериментального зразка.

Для підвищення характеристик маневреності, а також керованості та стійкості колісного трактора способи його криволінійного руху на поворотній смузі вибираються з урахуванням конкретних умов роботи. Існують різні варіанти вирішення цього завдання. Одним з варіантів вирішення цієї задачі є виведення параметричних рівнянь для визначення поточних координат теоретичної кривої траєкторії для руху трактора «Крабом» на несталому етапі повороту (Beljaev et al., 2020).

В результаті проведеного аналізу виявлено, що відомі розрахункові формули, що застосовуються для дослідження кінематики повороту трактора і автомобіля, мають суттєві недоліки при їх виведенні, в них також не встановлений взаємозв'язок між початковими даними.

### **Матеріали та методи**

У процесі дослідження використані методи емпіричного дослідження: науково поставлений

*експеримент* (відтворення траєкторій входу в поворот і виходу з повороту центра ваги чотирьохколісної машини в природних умовах); *порівняння* (відтворених траєкторій центра ваги чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами з теоретичними траєкторіями криволінійного руху); загальнонаукові та спеціальні наукові методи: *абстрагування* (виділення основних параметрів теоретичного дослідження отримання параметричних рівнянь криволінійного руху у функції повороту остова корпуса чотирьохколісної машини в залежності від швидкості, мінімального радіусу повороту машини, відстані від центра ваги до задньої осі). Розрахунок та моделювання теоретичних траєкторій центра ваги криволінійного руху машини проводилися за допомогою програми *Microsoft Excel*. Для кількісної оцінки відповідності координат теоретичних і координат відтворених траєкторій визначали середньоквадратичне відхилення окремо для координат  $x$  і  $y$ .

**Результати досліджень та обговорення**

Криволінійний рух на поворотній смузі, є найбільш складним елементом кінематики агрегату, так як окремі його точки рухаються з різною швидкістю і описують різні траєкторії. Колісний МТА не може миттєво перейти від прямолінійного руху до руху по дузі кола (зокрема, не може здійснювати поворот на деформованому ґрунті з мінімально допустимим радіусом) і від руху по дузі окружності до прямолінійного руху. Він проходить ділянки зі змінними радіусами кривизни від  $R=\infty$  до  $R=R_d$  – при вході в поворот і від  $R=R_d$  до  $R=\infty$  – при виході з повороту (Zavrzhnov et al., 2019). «Отримані рівняння в параметричній формі для траєкторії неусталеного руху чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами у функції кута повороту корпуса машини  $\varphi$ , які описують вхід в поворот і вихід з повороту лівого і правого напрямків (Melnik, 2017). В правій декартовій системі координат рівняння для центра мас машини  $C$  (рис. 1) наведені у вигляді»:

$$\begin{aligned}
 x &= \ell \left[ -\frac{(1+k)^2}{4k} \varphi^2 + \frac{\alpha_o(1-k^2)}{2k^2} \varphi - \frac{\alpha_o^2 - 2k^2}{2k^3} \ln \left| \frac{\alpha_o + k\varphi}{\alpha_o} \right| \right]; \\
 y &= \ell \left[ \frac{(1+k)}{k} \varphi - \frac{\alpha_o}{k^2} \ln \left| \frac{\alpha_o + k\varphi}{\alpha_o} \right| \right],
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де:  $\ell$  – відстань від центра ваги до задньої осі машини;  
 $\alpha_o$  – початкове значення кута  $\alpha$ ;  $k$  – коефіцієнт зміни кута  $\alpha$ .

Основними параметрами, що визначають траєкторію, є швидкість руху і коефіцієнт інтенсивності зміни курсового кута. При плануванні теоретичних траєкторій ці параметри приймалися довільно, виходячи з реальних умов полігону і можливостей машини. Для отримання експериментальних кривих ці параметри відтворювалися водієм через акселератор і кермо.

Для отримання експериментальних траєкторій входу в лівий (правий) поворот і виходу з лівого (правого) повороту чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами була використана супутникова навігаційна система.

Для цього в салоні водія на місці центра ваги чотирьохколісної машини був нерухомо закріплений прилад (планшет). Вибиралася рівна горизонтальна ділянка необхідних розмірів в залежності від форми і довжини очікуваної

траєкторії, розмічалася координатна сітка з прямолінійною ділянкою для набору необхідної швидкості і чітким визначенням початку входу в поворот. За допомогою додатку на планшет *A-GPS Tracker*, записувалася траєкторія (трек) входу і виходу з повороту та були отримані дані про місцерозташування машини від супутникових сигналів: швидкість, час руху, довжина треку, широта та довгота кожної точки траєкторії. Час входу в поворот та виходу з повороту фіксувався за допомогою секундоміру.

Далі наведені дві траєкторії передані супутниковою навігаційною системою разом з теоретичними траєкторіями і результати визначення їх параметрів. Для проведення експериментів з супутниковою навігаційною системою був використаний автомобіль *Renault Logan* (рис. 1) з передніми керованими колесами.



Рис. 1. Габаритні розміри Renault Logan

Результати розрахунку та порівняльна оцінка траєкторій треку 1.  
Вхід в лівий поворот і вихід з лівого повороту.

Вихідні дані:  $v = 1,472$  м/с;  $\ell = 1,27$  м;  $L = 2,63$  м;  $R_{\min} = 5,0$ ; шлях  $S = vt$ .

Виходячи з запланованого кута обертання керма  $\gamma = 180^\circ$ , і передаточного числа між черв'яком і косозубим сектором механізму керування  $j = 25$ , знаходимо кінцеве значення кута повороту передніх коліс  $\alpha_{1\text{колiс}} = 180^\circ / 25 = 7,2^\circ = 0,1256$  рад. Значення курсового кута на початку і в кінці ділянки:

$$\alpha_o = 0, \alpha_k = \alpha_1(\ell/L) = 0,1256 \cdot (1,27/2,63) = 0,0606 \text{ рад} = 3,47^\circ.$$

Приймаємо час входу в поворот  $t = 12,1$  с. Тоді коефіцієнт інтенсивності  $k = (\alpha_k - \alpha_o)/t = 0,0606/12,1 = 0,00501 \text{ с}^{-1}$ . Осі  $x_1y_1$  паралельні осям  $xu$ , тому приймаємо для першої ділянки  $\theta_1 = 0$ . Результати розрахунків – у таблиці 1, схема маневру – на рис. 2.

Таблиця 1. Вхід в лівий поворот

$t, \text{ с}$	$x_i, \text{ м}$	$y_i, \text{ м}$	$\alpha, \text{ рад}$	$\alpha, \text{ град}$	$\varphi, \text{ рад}$	$\varphi, \text{ град}$	$R, \text{ м}$	$S, \text{ м}$	$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
0	0	0	0	0	0	0	$\infty$	0	0	0
1,34	1,98	0,01	0,0067	0,39	0,005	0,30	188,46	1,98	1,98	0,01
2,69	3,96	0,05	0,0135	0,77	0,021	1,20	94,23	3,96	3,96	0,05
4,03	5,93	0,15	0,0202	1,16	0,047	2,71	62,82	5,94	5,93	0,15
5,38	7,91	0,33	0,0270	1,55	0,084	4,82	47,11	7,92	7,91	0,33
6,72	9,87	0,60	0,0337	1,93	0,131	7,52	37,69	9,90	9,87	0,60
8,07	11,81	0,99	0,0404	2,32	0,189	10,84	31,41	11,87	11,81	0,99
9,41	13,71	1,51	0,0472	2,70	0,257	14,75	26,92	13,85	13,71	1,51
10,76	15,57	2,20	0,0539	3,09	0,336	19,26	23,56	15,83	15,57	2,20
12,10	17,36	3,07	0,0607	3,48	0,425	24,38	20,94	17,81	17,36	3,07

Значення курсового кута на початку і в кінці ділянки:  $\alpha_o = 0,0606 \text{ рад} = 3,47^\circ$ ,  $\alpha_k = 0$ , час виходу з повороту  $t = 12,1 \text{ с}$ . Тоді коефіцієнт інтенсивності

$$k = (\alpha_k - \alpha_o) / t = (0 - 0,0607) / 12,1 = -0,00501 \text{ с}^{-1}$$

Осі  $x_2y_2$  повернуті відносно осей  $x_1y_1$  на кут  $\theta_2 = \varphi_{k1} = 24,38^\circ$ . Решта параметрів траєкторії розраховуються як і для попередньої ділянки. Результати розрахунків – у таблиці 2, схема траєкторії – на рис. 2.

Таблиця 2. Вихід з лівого повороту

$t, \text{ с}$	$x_i, \text{ м}$	$y_i, \text{ м}$	$\alpha, \text{ рад}$	$\alpha, \text{ град}$	$\varphi, \text{ рад}$	$\varphi, \text{ град}$	$R, \text{ м}$	$S, \text{ м}$	$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
0	0	0	0,061	3,48	0	0	20,94	0	17,36	3,07
1,34	1,97	0,20	0,054	3,09	0,089	5,12	23,56	1,98	19,07	4,06
2,69	3,91	0,56	0,047	2,70	0,168	9,63	26,92	3,96	20,70	5,19
4,03	5,83	1,05	0,040	2,32	0,236	13,54	31,41	5,94	22,24	6,43
5,38	7,72	1,65	0,034	1,93	0,294	16,86	37,69	7,92	23,72	7,75
6,72	9,58	2,34	0,027	1,55	0,341	19,56	47,11	9,90	25,12	9,15
8,07	11,41	3,10	0,020	1,16	0,378	21,67	62,82	11,87	26,48	10,60
9,41	13,23	3,91	0,013	0,77	0,404	23,18	94,23	13,85	27,80	12,08
10,76	15,03	4,75	0,007	0,39	0,420	24,08	188,46	15,83	29,09	13,59
12,10	16,83	5,59	0	0	0,425	24,38	$\infty$	17,81	30,38	15,10

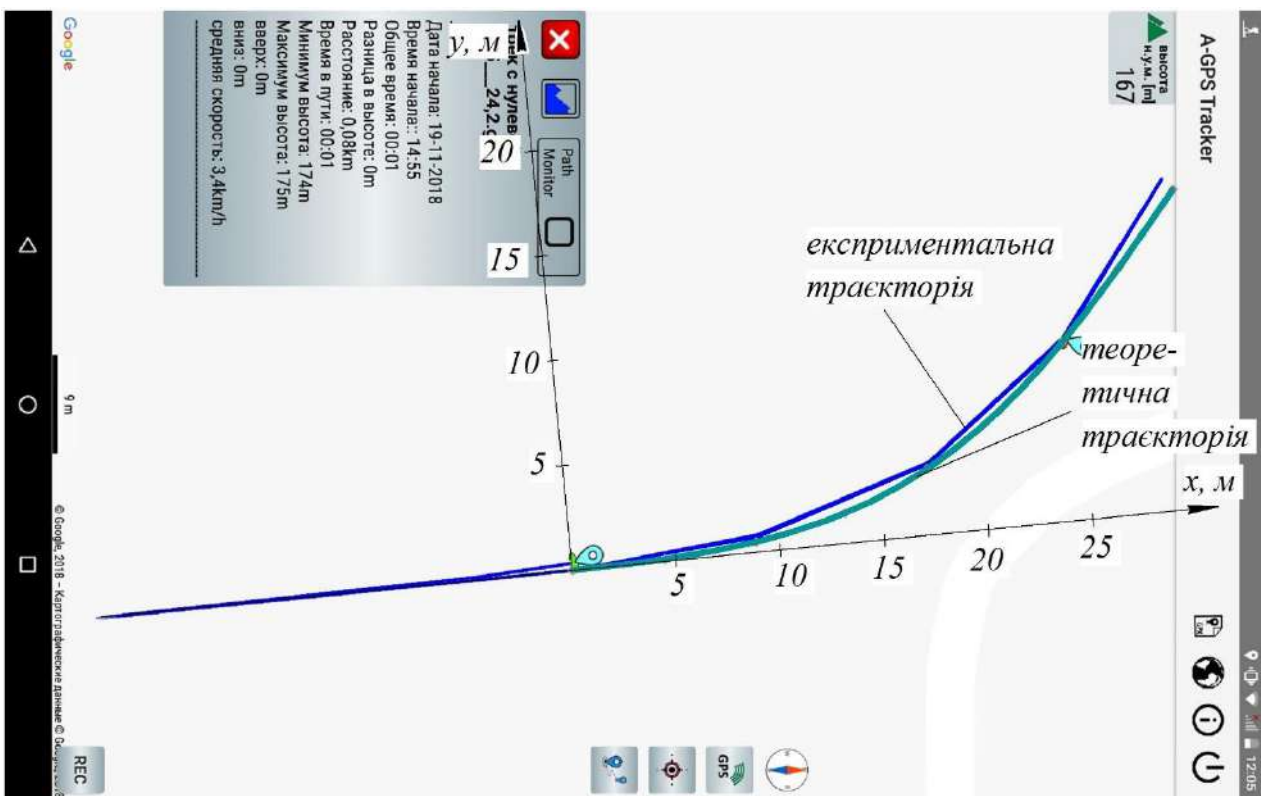


Рис. 2. Експериментальна та теоретична траєкторії входу в лівий поворот і виходу з лівого повороту чотирьохколісної машини

Результати розрахунку та порівняльна оцінка траєкторій треку 2.  
Вхід в правий поворот і вихід з правого повороту.

Вихідні дані:  $v = 1,73$  м/с;  $\ell = 1,27$  м;  $L = 2,63$  м;  $R_{\min} = 5,0$ ; шлях  $S = vt$ .

Знаходимо кінцеве значення кута повороту передніх коліс. Значення курсового кута на початку і в кінці ділянки:  
 $\alpha_{1_{\text{колiс}}} = 180^\circ / 25 = 7,2^\circ = 0,1256$  рад.

$$\alpha_o = 0, \alpha_k = \alpha_1(\ell/L) = 0,1256 \cdot (1,27/2,63) = 0,0606 \text{ рад} = 3,47^\circ.$$

Приймаємо час входу в поворот  $t = 17,5$  с. Осі  $x_1y_1$  паралельні осям  $xу$ , тому приймаємо  
 Тоді коефіцієнт інтенсивності для першої ділянки  $\theta_1 = 0$ . Результати розрахунків – у таблиці 3, схема маневру – на рисунку 3.  
 $k = (\alpha_k - \alpha_o) / t = (0,0606 - 0) / 17,5 = 0,00343$  с<sup>-1</sup>.

Таблиця 3. Вхід в правий поворот

$t, \text{ с}$	$x_i, \text{ м}$	$y_i, \text{ м}$	$\alpha, \text{ рад}$	$\alpha, \text{ град}$	$\varphi, \text{ рад}$	$\varphi, \text{ град}$	$R, \text{ м}$	$S, \text{ м}$	$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
0	0	0	0	0	0	0	$\infty$	0	0	0
1,94	3,37	0,02	0,0067	0,39	0,009	0,51	188,46	3,37	3,37	0,02
3,89	6,73	0,13	0,0135	0,77	0,036	2,05	94,23	6,74	6,73	0,13
5,83	10,09	0,37	0,0202	1,16	0,080	4,61	62,82	10,11	10,09	0,37
7,78	13,43	0,82	0,0270	1,55	0,143	8,20	47,11	13,47	13,43	0,82
9,72	16,72	1,54	0,0337	1,93	0,223	12,81	37,69	16,84	16,72	1,54
11,67	19,93	2,58	0,0404	2,32	0,322	18,44	31,41	20,21	19,93	2,58
13,61	23,00	4,00	0,0472	2,70	0,438	25,10	26,92	23,58	23,00	4,00
15,56	25,84	5,86	0,0539	3,09	0,572	32,79	23,56	26,95	25,84	5,86
17,50	28,38	8,23	0,0607	3,48	0,724	41,50	20,94	30,32	28,38	8,23

Вихід з повороту. Значення курсового кута на початку і в кінці ділянки:  
 $\alpha_o = 0,0607$  рад =  $3,48^\circ$ ,  $\alpha_k = 0$ . Приймаємо час виходу з повороту  $t = 17,5$  с. Тоді коефіцієнт інтенсивності  
 $k = (\alpha_k - \alpha_o) / t = (0 - 0,0607) / 17,5 = -0,00343$  с<sup>-1</sup>.  
 Осі  $x_2y_2$  повернуті відносно осей  $xу$  на кут  $\theta_2 = \varphi_{k1} = 41,50^\circ$ . Решта параметрів траєкторії розраховуються як і для попередньої ділянки. Результати розрахунків – у таблиці 4, схема траєкторії – на рисунку 3.

Для кількісної оцінки відповідності

координат теоретичних і координат відтворених траєкторій визначаємо середньквдратичне відхилення окремо для координат  $x$  і  $y$ :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(x_{1e} - x)^2 + (x_{2e} - x)^2 + \dots + (x_{ne} - x)^2}{n}}; \quad (2)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{(y_{1e} - y)^2 + (y_{2e} - y)^2 + \dots + (y_{ne} - y)^2}{n}}. \quad (3)$$

Тут  $x_{1e}, x_{2e}, \dots, x_{ne}$  і  $y_{1e}, y_{2e}, \dots, y_{ne}$  – координати експериментальної (відтвореної) кривої;  $x, y$  – середні арифметичні значення;  $n$  – кількість точок траєкторії.

Таблиця 4. Вихід з правого повороту

$t, c$	$x_i, m$	$y_i, m$	$\alpha, рад$	$\alpha, град$	$\varphi, рад$	$\varphi, град$	$R, m$	$S, m$	$x, m$	$y, m$
0	0	0	-0,061	-3,48	0	0	-20,9	0	28,38	-8,23
1,94	3,33	-0,45	-0,054	-3,09	-0,152	-8,7	-23,6	3,37	30,57	-10,78
3,89	6,58	-1,37	-0,047	-2,70	-0,286	-16,4	-26,9	6,74	32,40	-13,61
5,83	9,69	-2,68	-0,040	-2,32	-0,402	-23,1	-31,4	10,11	33,86	-16,66
7,78	12,65	-4,33	-0,034	-1,93	-0,500	-28,7	-37,7	13,47	34,99	-19,86
9,72	15,47	-6,26	-0,027	-1,55	-0,581	-33,3	-47,1	16,84	35,82	-23,17
11,67	18,15	-8,40	-0,020	-1,16	-0,643	-36,9	-62,8	20,21	36,41	-26,55
13,61	20,73	-10,71	-0,013	-0,77	-0,688	-39,5	-94,3	23,58	36,82	-29,99
15,56	23,24	-13,11	-0,007	-0,39	-0,715	-40,9	-188,5	26,95	37,11	-33,45
17,50	25,73	-15,55	0	0	-0,724	-41,5	$\infty$	30,32	37,35	-36,92

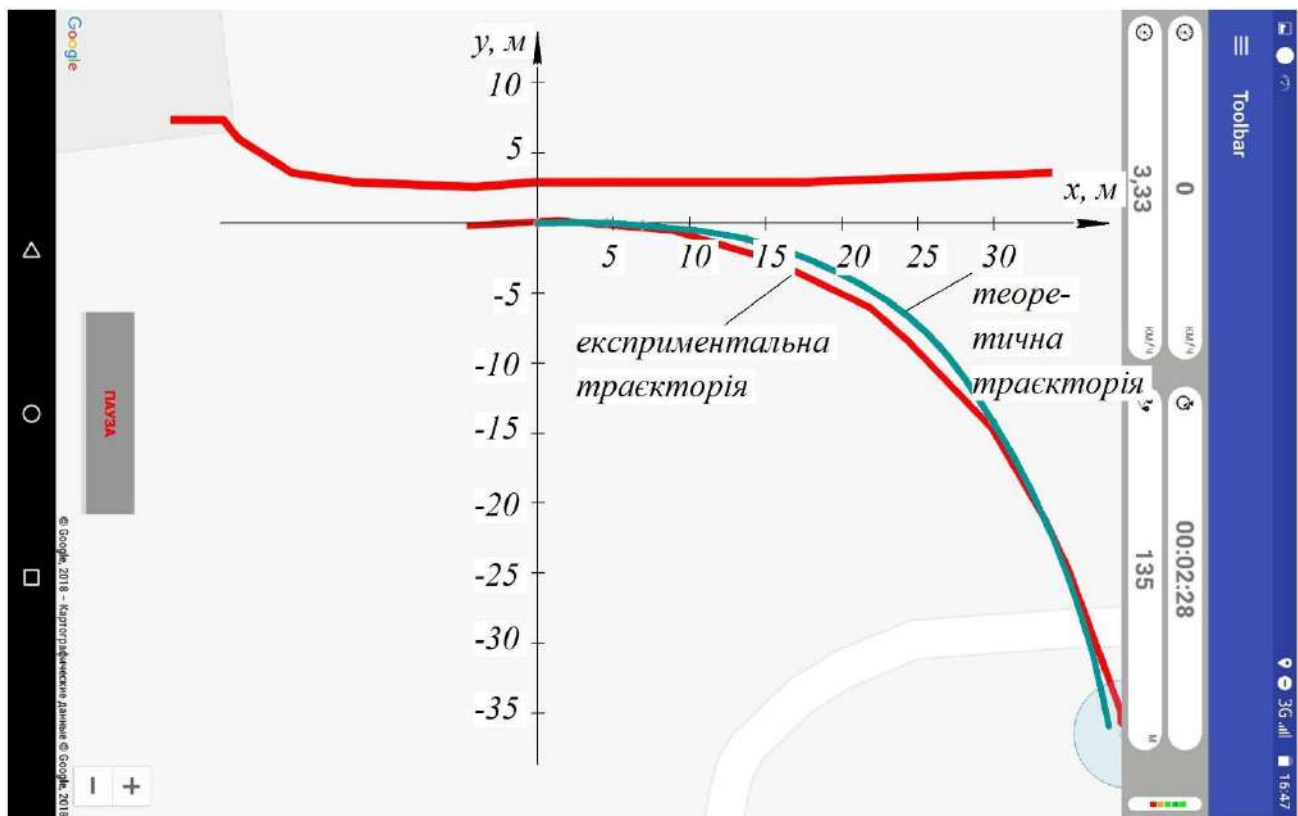


Рис. 3. Експериментальна та теоретична траєкторії входу в правий поворот і виходу з правого повороту чотирьохколісної машини

Порядок визначення середнього квадратичного відхилення для траєкторій, отриманих з використанням супутникової навігаційної системи:

- знаходимо  $x_{ie}$  і  $y_{ie}$  кожної точки на зламі

експериментальної траєкторії і відповідний їм час  $t$ ;

- обчислюємо координати  $x_{it}$  і  $y_{it}$  теоретичної траєкторії, що відповідають знайденому часу;

- знаходимо середні арифметичні значення теоретичних координат  $x$  і  $y$ ;

- обчислюємо середні квадратичні відхилення  $\sigma_x$  і  $\sigma_y$ .

Результати розрахунків для всіх траєкторій, побудованих з використанням супутникової

навігаційної системи (табл. 5):

1. Трек 1. (табл. 1 і 2, рис. 2):

$$\sigma_x = 8,83 \text{ м}, \sigma_y = 5,72 \text{ м}.$$

2. Трек 2. (табл. 3 і 4, рис. 3):

$$\sigma_x = 10,33 \text{ м}, \sigma_y = 13,13 \text{ м}.$$

Таблиця 5. Результати відповідності координат треків

N з/п	$x_{ie}, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$x_{it}, \text{ м}$	$x, \text{ м}$	$y_{ie}, \text{ м}$	$y_{it}, \text{ м}$	$y, \text{ м}$	$(x_{ne} - x)^2$	$(y_{ne} - y)^2$	$\sigma_x$	$\sigma_y$
<i>Трек 1. Вхід в лівий поворот і вихід з лівого повороту.</i>											
1.	9,00	6,13	9,00	16,076	0,748	0,466	5,393	50,07	24,275	8,83	5,72
2.	17,40	12,15	17,43		3,42	3,099		1,83	5,26		
3.	24,38	18,12	23,64		8,57	8,40		57,214	9,042		
4.	29,81	24,14	30,31		15,77	15,00		202,61	92,29		
<i>Трек 2. Вхід в правий поворот і вихід з правого повороту.</i>											
1.	9,84	5,715	9,89	26,40	0,579	-0,35	13,63	272,58	176,36	10,33	13,13
2.	16,77	9,88	16,98		2,67	-1,59		88,736	144,96		
3.	24,03	14,52	24,37		6,04	-4,76		4,12	78,68		
4.	32,93	21,71	32,76		14,80	-13,95		40,45	0,1024		
5.	38,44	28,44	36,52		25,20	-25,06		102,4	130,64		
6.	42,01	34,68	37,90		35,40	-36,09		132,25	504,45		

Таким чином, експериментально відтворені траєкторії лівого і правого поворотів (вхід і вихід), чотири маневри на автомобілі *Renault Logan* з використанням супутникової навігаційної системи, показали повну ідентичність і достатню відповідність експериментальних з теоретичними координатами траєкторій. Для кількісної оцінки їх відповідності необхідно скористатися середньоквадратичними показниками відхилень координат відтворених траєкторій від розрахункових.

**Висновки**

1. Результати дослідів показують, що схожимість експериментальних і теоретичних координат достатня, і що теоретичні рівняння траєкторій несталоного руху машин, отримані у даній роботі вперше, достатньо точно відображують рух.

2. Аналітичні рівняння для траєкторії криволінійного руху чотирьохколісної машини в параметричній формі з керованими передніми колесами в залежності від кута повороту рами машини дають можливість зменшити довжину холостого ходу та час поворотів за зміну, тим

самим збільшити довжину гону та чистий час роботи агрегату за зміну, збільшити коефіцієнт використання робочих ходів, збільшити коефіцієнт використання часу зміни та збільшити продуктивність за 1 год. змінного часу.

3. Їх також можна застосовувати при прогнозуванні при плануванні і розробці будь-яких маневрів машини на полі чи в інших умовах, у тому числі і для автоматичного керування транспортом та робочими машинами, машино-тракторними агрегатами, автопотягами та ін.

**References**

Al-khayyt, S. Z. S. (2018). Creating Through Points in Linear Function with Parabolic Blends Path by Optimization Method. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 14 (1), 77–89. doi: <https://doi.org/10.22153/kej.2018.10.005>.

Beljaev, A. N. & Trishina, T. V. (2016). Issledovanie kinematiki povorota kolesnogo traktora [Investigation of the kinematics of turning a wheeled tractor]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 1 (48), 115–120. doi: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2016.1.115> [in Russian].

- Beljaev, A. N., Orobinskij, V. I., Shackij, V. P., Trishina, T. V., Sheredekin, V. V. & Vysockaja, I. A. (2020) Opredelenie teoreticheskoj traektorii dvizhenija traktora pri povorote «krabom». [Determination of the theoretical trajectory of the tractor when turning "crab"]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 1 (64), 42–49. doi: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2020.1.42> [in Russian].
- Bulgakov, V., Pascuzzi, S. & Beloev, H. (2019). Theoretical Investigations of the Headland Turning Agility of a Trailed Asymmetric Implement-and-Tractor Aggregate. *Agriculture*, MDPI. *Open Access Journal*, 9 (10), 1–11. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture9100224>.
- Fashutdinov, M., Khafizov, M., Galiev, I., Gabdrafikov, F. & Khaliullin, F. (2020). Research of dynamics of turning of machine-tractor aggregate with tractor on wheeled-crawler mover. *BIO Web of Conferences*, 17. doi: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700056>.
- Fomin, C. D. (2017). Matematicheskaya model dlya issledovaniya neustanovivshegosya krivoliniynogo dvizheniya pogruzochno-transportnogo agregata [Mathematical model for investigation of uninstalled curvilinear movement of a load-transport unit]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professionalnoye obrazovaniye. Tekhnicheskiye nauki*, 1 (45), 226–234. [in Russian].
- Kambarov, B. A. (2016, July 28-29). Eksperimentalnoye opredeleniye parametrov trayektorii dvizheniya kultivatornogo mashinno-traktornogo agregata na povorotnoy polose khlopkovogo polya [Experimental determination of the parameters of the movement trajectory tiller machine and tractor units on the headland cotton field]. *European Research: Innovation in Science, Education and Technology* (pp. 21–24). London: United Kingdom [in Russian].
- Melnik, V., Dovzhyk, M., Tatyanchenko, B., Solarov, O. & Sirenko Yu. (2017). Analytical method of examining the curvilinear motion of a four-wheeled vehicle. *Easterm-Euroean journal of enterprise technologies*, 3, 7 (87), 59–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101335>.
- Shipilevskiy, G. B. (2005). Traktornaya avtomatika [Tractor automation]. Moskva: MGTU “MAMI” [in Russian].
- Song, M. Z., Kang, S. W., Chung, S. O., Kim, K. D., Chae, Y. S., Lee, D. H. ... Lee, K. H. (2013, August 27-30). Development of Path Planning Algorithm for an Autonomous Mower Tractor. *Horticulture and Post Harvest Industry*, 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture (pp.154–158). Espoo. doi: <https://doi.org/10.7744/cnujas.2015.42.1.063>.
- Troianovska, I. P. & Pozhydaiev, S. P. (2008). Modeliuvannia kryvoliniinoho rukhu kolisnykh i husenychnykh traktornykh ahrehativ [Modeling of curvilinear motion of wheeled and tracked tractor units] Kyiv: AhrarMediaHrup [in Ukrainian].
- Zavrazhnov, A. I., Miheev, N. V. & Beljaev A. N. (2019). Povyshayem ustoychivost dvizheniya kolesnogo traktora [We increase the driving stability of a wheeled tractor]. *Fermer.Chernozemye*, 10 (31), 38–42. [in Russian].



UDC 636.4

## DAIRY BEEF PRODUCTION OF DIFFERENT GENOTYPES

I. Verbuch, O. Medvid

Article info

Received  
04.05.2020  
Accepted  
24.06.2020

Khmelnyskyi  
State Agricultural  
Research Station  
Institute of Feed  
and Agriculture  
of Podillya  
NAAS  
Samchyky  
village,  
Starokostiantyniv  
district,  
Khmelnyskyi  
region,  
31182, Ukraine

E-mail:  
[verbuch\\_ivan@ukr.net](mailto:verbuch_ivan@ukr.net)

**Verbuch, I., Medvid, O. (2020). Dairy beef production of different genotypes. Scientific Horizons, 07 (92), 136–140. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-136-140.**

*The aim of the research was to study meat and slaughter indicators, which allow to judge the qualitative characteristics of animal productivity, quantity and quality of final products in bulls of Ukrainian black-spotted dairy breed and crossbreeds F1 1/2 Ukrainian black-spotted and 1/2 Swiss dairy breeds at 18 months of age.*

*The results of scientific and economic experiment on comparative study of meat and butchering slaughter indicators of pure bred young cattle of Ukrainian black-spotted dairy breed and crossbreeds F1 1/2 of Ukrainian black-spotted and 1/2 of Swiss dairy breeds are presented. It was found that the addition of blood of the Swiss breed had a positive effect on the better productivity of local animals in different periods of cultivation in comparison with purebred animals. According to slaughter yield, local bulls outnumbered purebred counterparts by 0,8 %.*

*The boning of the diverting weir of the experimental animals made it possible to establish the ratio of pulp, bones, cartilage, tendons and ligaments. In terms of muscle yield, local animals of the experimental group had a significant advantage over control counterparts by 2,8 %.*

**Key words:** pure bred animals, crossbreeds, bulls, live weight, increment, slaughter qualities.

## М'ЯСНА ПРОДУКТИВНІСТЬ БУГАЙЦІВ МОЛОЧНИХ ПОРІД РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ

I. В. Вербич, О. В. Медвідь

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН  
с. Самчики, Старокостянтинівський район, Хмельницька область, 31182, Україна

*Метою досліджень було вивчення м'ясних та забійних показників, які дозволяють судити про якісні характеристики продуктивності тварин, кількості та якості кінцевої продукції у бугайців української чорно-рябої молочної породи і помісей F1 1/2 української чорно-рябої та 1/2 швіцької молочних порід у 18-и місячному віці.*

*Наведено результати науково-господарського дослідження з порівняльного вивчення м'ясних та забійних показників чистопородного молодняку української чорно-рябої молочної породи та помісей F1 1/2 української чорно-рябої та 1/2 швіцької молочних порід. Встановлено, що прилиття крові швіцької породи позитивно вплинуло на кращу продуктивність помісних тварин у різні періоди вирощування в порівнянні з чистопородними тваринами. За забійним виходом помісні бугайці переважали чистопородних аналогів на 0,8 %.*

*Обвалювання напівтуш дослідних тварин дало змогу встановити співвідношення м'якуша,*

кісток, хрящів, сухожилок та зв'язок. Після виходу м'язової тканини помісні тварини дослідної групи мали достовірну перевагу над контрольними аналогами на 2,8 %.

**Ключові слова:** чистопородні тварини, помісі, бугайці, жива маса, прирости, забійні якості.

### Вступ

В програмі удосконалення молочних порід великої рогатої худоби схрещування (кросбридинг) є необхідним елементом швидкого пошуку для генетичного поліпшення економічно важливих селекційних ознак (Van Raden et al., 2003; Bashchenko et al., 2016; Bashchenko, 2017).

Враховуючи, що тварин української чорно-рябої молочної породи схрещують з іншими породами, актуальним є вивчення впливу міжпородного схрещування на ріст та м'ясні якості бугайців різних генотипів (Bashchenko, 2017).

М'ясо великої рогатої худоби є важливим дієтичним продуктом для людини. Перетравлюється воно на 95 %. В ньому містяться білки, жири, мінеральні речовини, вітаміни А, Д, і комплексу В, а також ферменти. У склад білків яловичини входять всі необхідні для людини амінокислоти – аргінін, лізин, гістидин, тирозин, триптофан, цистин. Для яловичини характерне найсприятливіше співвідношення білка і жиру. В ній менше, ніж в м'ясі інших видів, холестерину (Kozyr, 1992; Van Raden et al., 2003; Dymchuk, 2008).

Протягом останнього часу суть поняття «зріла яловичина» змінилася. Якщо раніше під цим розуміли м'ясо вола не молодшого 3–4 років, то в подальшому, під впливом багатьох причин, основною з яких є зміна вимог споживачів до м'яса, відбулося різке зменшення віку худоби при забою (Dzyuba & Mogilenets, 2005). Нині забивають переважно молодняк віком 1–2 роки, причому він повинен мати достатньо високу живу масу, давати важку тушу гарної якості. Тому під час розроблення технології інтенсивного вирощування й відгодівлі надремонтного молодняку слід враховувати особливості формування м'ясної продуктивності у помісних тварин. Оскільки головними компонентами туші є м'язи, кістки й жир, слід звертати увагу на характер росту й розвитку цих найважливіших тканин, зміну їх співвідношення й складу в туші (Shkurin et al., 2002).

Наявність міжпородних генетичних відмінностей за функціональними та продуктивними ознаками між вітчизняними молочними породами

та іншими неспорідненими сучасними заводськими породами європейської і північно-американської селекції дає змогу за їх схрещування отримати генетичний ефект гетерозису для поліпшення низки економічно важливих селекційних ознак у помісей першого покоління (Bashchenko, 2017).

М'ясна продуктивність зумовлена закономірностями утворення м'язової, жирової та кісткової тканин організму. В основі м'ясної продуктивності будь-якої породи великої рогатої худоби є маса туші. Найбільш цінною частиною туші є м'язова тканина, кількість якої залежно від різних чинників (вгодованість, вік, генетична основа) коливається, за літературними посиланнями від 50 до 64 % (Dzyuba & Mogilenets, 2005).

Враховуючи, що переважну частину яловичини в Україні одержують за рахунок забою вирощеного і відгодованого надремонтного молодняку (бугайців і теличок) та вибракуваної дорослої худоби молочних і комбінованих порід, актуальним є вивчення впливу міжпородного схрещування на ріст та м'ясні якості бугайців різних генотипів (Bashchenko, 2017).

### Матеріали та методи

Для досягнення поставленої мети було проведено науково-господарський дослід в ДП «ДГ «Пасічна» ІКСГП НААН» Хмельницької області за загальноприйнятими методиками (Ovsyannikov, 1976). В якості об'єкту досліджень були дві групи бугайців (по 15 гол. в кожній), з яких, одна із них чистопородні тварини української чорно-рябої молочної породи (контрольна група), інша – помісі одержані від схрещування корів української чорно-рябої молочної породи з бугаями швіцької породи (1/2 УЧРМ х 1/2 Ш), (дослідна).

Утримання та годівля тварин від народження до 18-місячного віку були ідентичними для обох груп. До 9-місячного віку утримання бугайців було безприв'язне, надалі – на прив'язі. Живу масу молодняку визначали за даними щомісячних індивідуальних зважувань. Для оцінки забійних та м'ясних якостей проводили контрольний забій у 18-місячному віці по три бугайці з кожної групи з живою масою близькою до середнього

показника по групі. На Літинський м'ясокомбінат піддослідних тварин доставляли спеціальним автотранспортом на відстань 60 км. Забій тварин проводили після 24-годинної голодної витримки. Перед забоем бугайців контрольної та дослідної груп віднесено до категорії вищої вгодованості, відповідно, до ДСТУ 5110-55.

Біометричну обробку даних проводили на ПК за допомогою програми *Microsoft Excel* з використанням статистичних функцій (Plokhinsky, 1969).

### Результати досліджень та обговорення

У період досліджень піддослідним бугайцям згодовували корми, вироблені в господарстві та закуплені в поставщиків. Годівля тварин обох груп була ідентична та розрахована на одержання

середньодобових приростів на рівні 900–1000 г. За дослідний період на 1 кг приросту живої маси тваринами української чорно-рябої молочної породи витрачено 8,58 кормових одиниць, помісними бугайцями F1 1/2 української чорно-рябої та 1/2 швіцької молочних порід – 8,21, що на 4,32 % менше. На 1 кг приросту затрачалося 918,9 г перетравного протеїну в контрольній групі та 871,5 г – в дослідній групі.

Аналізуючи продуктивність піддослідних тварин, слід відмітити, що вищу живу масу при народженні мав молодняк дослідної групи – 38,6 кг, що на 3,9 % більше від тварин контрольної групи (табл. 1).

У 6-місячному віці жива маса молодняку дослідної групи переважала аналогів контрольної на 6,2 кг.

Таблиця 1. Динаміка продуктивності тварин у дослідний період,  $n=15$  ( $M \pm m$ )

Показник	Групи	
	Контрольна	Дослідна
Жива маса при народженні, кг	37,1±0,65	38,6±0,51*
Жива маса у 6-місячному віці, кг	166,5±3,27	172,7±3,35*
Середньодобовий приріст, г	716±19,23	745±15,65
Жива маса у 12-місячному віці, кг	301,7±5,01	310,4±4,75*
Середньодобовий приріст, г	723±21,42	747±16,72
Жива маса у 18-місячному віці, кг	425,4±6,25	439,7±5,17*
Середньодобовий приріст, г	708±16,34	733±19,31
Середньодобовий приріст за весь період, г	719±10,07	743±9,43*

Примітка: \*  $P < 0,95$ .

При досягненні річного віку тварини контрольної групи важили в середньому 301,7 кг і поступалися ровесникам дослідної групи на 3,54 %.

В кінці відгодівельного періоду у 18-місячному віці помісні бугайці мали живу масу 439,7 кг, що на 14,3 кг більше чистопородних тварин.

В середньому за період досліджень середньодобові прирости бугайців української чорно-рябої молочної породи (контрольна група) становлять 719 г, а помісних бугайців F1 1/2 української чорно-рябої та 1/2 швіцької молочних порід (дослідна група) 743 г ( $P < 0,99$ ).

Результати контрольного забою бугайців показав, що за основними показниками м'ясної продуктивності тварини дослідної групи

перевищували аналогів контрольної групи (табл. 2).

Вихід туші у помісних бугайців склав 56,1 %, а їх ровесників чистопородних бугайців української чорно-рябої молочної породи – 55,4 %. Різниця по виходу туші становить 0,7 %.

За забійним виходом бугайці дослідної групи переважали чистопородних аналогів на 0,8 %.

Контрольний забій показав, що за масою печінки та серця помісний молодняк переважав чистопородних бугайців, відповідно, на 7,5 % та 8,4 %, в той час, як маса легень, нирок та селезінки була на 5,7 %, 3,2 та 10,3 %, відповідно, більшою у чистопородних бугайців.

Обвалювання напівтуш дало змогу встановити співвідношення м'якуша, кісток та хрящів, сухожилок та зв'язок (табл. 3).

Таблиця 2. Результати контрольного забою піддослідних бугайців,  $n=3$  ( $M \pm m$ )

Показник	Генотип		
	контрольна	дослідна	
Передзабійна жива маса, кг	422,9 $\pm$ 3,90	438,6 $\pm$ 4,81** (2,53)	
Маса парної туші, кг	234,3 $\pm$ 1,98	245,8 $\pm$ 2,23*** (3,69)	
Вихід туші, %	55,4 $\pm$ 0,71	56,1 $\pm$ 0,54	
Маса внутрішнього жиру-сирцю, кг	6,1 $\pm$ 0,15	6,6 $\pm$ 0,13*	
Вихід внутрішнього жиру-сирцю, %	1,4 $\pm$ 0,03	1,5 $\pm$ 0,04	
Забійна маса, кг	240,4 $\pm$ 1,93	252,4 $\pm$ 2,48	
Забійний вихід, %	56,8 $\pm$ 0,55	57,6 $\pm$ 0,46**	
Примітка * $P < 0,05$ ; ** $P < 0,01$ ; *** $P < 0,001$ .			
Абсолютна (кг) та відносна маса (%) внутрішніх органів:			
Печінка	кг	6,39 $\pm$ 0,15	6,87 $\pm$ 0,17
	%	1,51	1,56
Легені	кг	3,75 $\pm$ 0,14	3,24 $\pm$ 0,21
	%	0,88	0,73
Серце	кг	1,56 $\pm$ 0,04	1,69 $\pm$ 0,05
	%	0,35	0,39
Нирки	кг	0,96 $\pm$ 0,03	0,93 $\pm$ 0,04
	%	0,23	0,21
Селезінка	кг	0,85 $\pm$ 0,04	0,76 $\pm$ 0,05
	%	0,20	0,17

Таблиця 3. Морфологічний склад напівтуш бугайців,  $n=3$  ( $M \pm m$ )

Показник	Групи		
	контрольна	дослідна	
Маса охолодженої напівтуші, кг	112,2 $\pm$ 1,06	119,7 $\pm$ 1,25**	
Вміст у напівтуші:			
м'язова тканина	кг	86,1 $\pm$ 1,49	93,7 $\pm$ 1,72**
	%	75,4 $\pm$ 0,61	78,2 $\pm$ 0,73
кістки і хрящі	кг	23,3 $\pm$ 1,10	23,1 $\pm$ 1,43 *
	%	20,4 $\pm$ 0,94	19,3 $\pm$ 1,18
сухожилки і зв'язки	кг	2,8 $\pm$ 0,19	2,9 $\pm$ 0,28 *
	%	2,5 $\pm$ 0,17	2,4 $\pm$ 0,31
Індекс м'якості	3,0	3,3	

Примітка: \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ .

По виходу м'язової тканини тварини дослідної групи мали достовірну перевагу над контрольними аналогами на 2,8 %.

#### Висновки

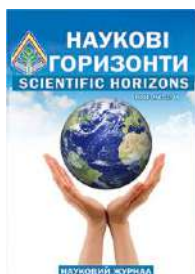
Піддослідні бугайці F1 1/2 української чорно-рябої та 1/2 шведської молочних порід мають

переваги продуктивності в різні періоди вирощування, і по результатах показників контрольного забою та аналізу морфологічного складу напівтуш достовірно переважають аналогі чистопородної української чорно-рябої молочної породи.

---

**References**

- Bashchenko, M. I. (2017). Suchasnyi svitovi dosvid mizhporodnogo skhreshchuvannia u molochnomu skotarstvi ta yoho vykorystannia [Modern world experience of interbreeding in dairy farming and its use]. Kyiv. Ahrarna nauka [in Ukrainian].
- Bashchenko, M. I., Kostenko, O. I. & Ruban, S. Yu. (2016). Dosvid i perspektyvy vykorystannia krosbrydynhu v molochnomu skotarstvi [Experience and prospects of crossbreeding in dairy farming]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 5, 28–33 [in Ukrainian].
- Dymchuk, A. V. (2008). Khimichni sklad miasa buhaisiv podilskoho typu ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody [Chemical composition of meat of bulls of the Podolsk type of Ukrainian black-spotted dairy breed]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii im. S. Z. Hzhyskoho*, 10 (2), 3, 47–49 [in Ukrainian].
- Dzyuba, N. & Mogilenets, O. (2005). Effektivnost i tselesoobraznost proizvodstva telyatiny i molodoy govyadiny [Efficiency and expediency of production of veal and young beef]. *Molochnoye i myasnoye skotovodstvo*, 5, 7–10 [in Russian].
- Kozyr, V. S. (1992). Formuvannia miasnoi produktyvnosti velykoi rohatoi khudoby [Formation of meat productivity of cattle]. Kyiv : Urozhai [in Ukrainian].
- Ovsyannikov, A. I. (1976). Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve [Fundamentals of experimental work in animal husbandry]. Moskva : Kolos [in Russian].
- Plokhinskiy, N. A. (1969). Rukovodstvo dlya zootekhnikov [Guide for zootechnicians]. Moskva : Kolos [in Russian].
- Shkuryn, H. T., Tymchenko, O. H. & Vdovychenko, Yu. V. (2002). Zabiini yakosti velykoi rohatoi khudoby [Slaughter qualities of cattle]. Kyiv : Ahrarna nauka [in Ukrainian].
- Van Raden, P. M. & Sanders, A. H. (2003). Economic Merit of Crossbred and Purebred US Dairy Cattle. *J. of Dairy Science*, 86, 1036–1044.
- Yefimenko, M., Podoba, B. & Bratushka, R. (2014). Nekontrolovana holshtynizatsiia ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody [Uncontrolled Holsteinization of Ukrainian black – spotted dairy breed]. *Propozytsiia*, 9, 58–61 [in Ukrainian].



UDC 631.31:631.51

**SUPPLIES OF PRODUCTIVE MOISTURE AND YIELDING CAPACITY OF CROPS ROTATION  
DEPENDING ON THE SYSTEMS OF BASIC TILLAGE AND FERTILIZING**

**V. Kyryliuk<sup>1</sup>, T. Tymoshchuk<sup>2</sup>, H. Kotelnyska<sup>2</sup>, V. Barladiuha<sup>2</sup>, D. Dolid<sup>2</sup>**

Article info

Received

30.04.2020

Accepted

24.06.2020

<sup>1</sup> Khmelnytsky State Agricultural Experimental Station of the Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS Samchyky village, Starokostyantynivsky district, Khmelnytsky region, 31182, Ukraine

<sup>2</sup> Zhytomyr National Agroecological University 7, Saryi Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

E-mail:

[hdsfds@ukr.net](mailto:hdsfds@ukr.net);

[tat-niktim@ukr.net](mailto:tat-niktim@ukr.net)

**Kyryliuk, V., Tymoshchuk, T., Kotelnyska, H., Barladiuha, V., Dolid, D. (2020). Supplies of productive moisture and yielding capacity of crops rotation depending on the systems of basic tillage and fertilizing. Scientific Horizons, 07 (92), 141–148. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-141-148.**

*The main factor limiting the high productivity of agrophytocenoses of crops is accumulation of the productive moisture in the soil layer rich in roots, especially during the crucial periods of plant growth and development. The investigation into the impact of certain elements of agricultural technologies for cultivating crops on the soil water regime under conditions of the climate change is of pressing issue.*

*The paper presents results of the research into the influence of long-term application of systems of the basic tillage and fertilizing on the moisture supplies available to plants. The highest supplies of moisture available in the soil layer 0–20 cm were found in the chisel system of main cultivation in the stage of fully sprouted crops affected by mineral fertilizing. The supplies in the mouldboard plowing and shallow disk systems with indicators of 23.9 mm approximated to them. The highest reserves of available moisture were observed in shallow disk systems (26.4 mm).*

*In the middle stage of crop vegetation along with the mineral fertilizing the highest level of moisture available (122.1 mm) was found in a meter layer of soil under the mouldboard plowing system. The suppliers of moisture available (129.2 mm) in the mouldboard plowing system proved to be the highest under the same conditions of organic and mineral fertilizing.*

*The yielding capacity of white mustard (1.89 t/ha) and soybeans (2.06 t/ha) were the highest after mineral fertilizers applied in the mouldboard plowing system. The subsurface tillage system proved to be the best for obtaining high yield of spring barley (4.06 t/ha) and winter wheat (5.8 t/ha). The application of organic and mineral fertilizers promoted to the increase of yielding capacity of all crops with the corresponding indices 1.89 t/ha, 2.02 t/ha, 4.14 t/ha, 5.93 t/ha in the mouldboard plowing system.*

**Key words:** productivity, white mustard, soybeans, winter wheat, spring barley, soil layer, nutrient status.

**ЗАПАСИ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ТА УРОЖАЙНІСТЬ КУЛЬТУР СІВОЗМІНИ  
ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ**

**В. П. Кирилюк<sup>1</sup>, Т. М. Тимошук<sup>2</sup>, Г. М. Котельницька<sup>2</sup>, В. П. Барладюга<sup>2</sup>, Д. Є. Долід<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН

с. Самчики, Старокостянтинівський р-н, Хмельницька обл., 31182, Україна

<sup>2</sup> Житомирський національний агроєкологічний університет

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

*Основним фактором, що лімітує отримання високої продуктивності агрофітоценозів сільськогосподарських культур є накопичення продуктивної вологи у кореневмісному шарі ґрунту,*

передусім у критичні періоди росту і розвитку рослин. Актуальним є вивчення впливу окремих елементів агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур на водний режим ґрунту в умовах зміни клімату.

Представлено результати досліджень впливу тривалого застосування систем основного обробітку ґрунту та удобрення на запаси доступної вологи рослинам в ньому. Виявлено, що у фазі повних сходів культур на фоні мінерального удобрення найвищими запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0–20 см були за чизельної системи основного обробітку. Близьким до них були запаси за полицевої та мілкої дискової систем з показниками по 23,9 мм. На фоні органо-мінерального удобрення найвищими запаси доступної вологи в ґрунті (26,4 мм) були за мілкої дискової системи. У середині вегетації культур на фоні мінерального удобрення у метровому шарі ґрунту найвищими запаси доступної вологи (122,1 мм) були за полицевої системи. На фоні органо-мінерального удобрення запаси доступної вологи в ґрунті також були найвищими за полицевої системи.

На фоні мінерального удобрення урожайність гірчиці білої (1,89 т/га) та сої (2,06 т/га) була найвищою за полицевої системи, пшениці озимої (5,8 т/га) та ячменю ярого (4,06 т/га) – за плоскорізної. На фоні органо-мінерального удобрення урожайність усіх культур сівозміни була найвищою за полицевої системи з показниками 1,89 т/га, 2,02 т/га, 4,14 т/га і 5,93 т/га, відповідно.

**Ключові слова:** продуктивність, гірчиця біла, соя, пшениця озима, ячмінь ярий, шар ґрунту, фон живлення.

## Вступ

Забезпечити високу продуктивність сучасних сортів сільськогосподарських культур за змін клімату можна лише з врахуванням стресових чинників на ріст і розвиток рослин у різні фенологічні фази (Orlovskiy et al., 2019). Зміна клімату призвела до різких коливань параметрів погодних умов та прояву посушливості в період вегетації рослин, що спостерігається все частіше. За таких умов системи землеробства мають бути максимально вологоощадними. Водний режим ґрунту в умовах Лісостепу України є одним з основних чинників формування високої продуктивності агрофітоценозів сільськогосподарських культур (Litvinov, 2015; Kaminskyi & Hanhur, 2018). Недостача вологи у ґрунті не лише призводить до зменшення продуктивності сортів культур, але й знижує ефективність окремих елементів їх агротехнологій вирощування. Дефіцит доступної вологи досить часто лімітує і навіть нівелює позитивний вплив добрив, обробітку ґрунту та інших агротехнічних заходів (Pestov, 1969; Zaharchenko & Predko, 1975; Jakimenko et al., 1985).

Існує наукова думка, що найбільш надійним показником посухи є вологість орного шару ґрунту. Результати вивчення водного режиму ґрунту і стану сільськогосподарських рослин свідчить, що зниження запасів ґрунтової вологи в орному шарі до 19 мм слід вважати початком посушливого періоду, а до 9 мм – початком

сухого періоду. Тому періоди, протягом яких запаси продуктивної вологи в орному шарі складають менше 20 мм, відносять до посушливих, а період з запасом вологи менше 10 мм – до сухих (Gudz et al., 2007). За однакових метеорологічних умов вологозабезпеченість окремих сільськогосподарських культур значною мірою залежить від складу та чергування їх у сівозміні (Shapoval et al., 2002), а отже і від обробітку ґрунту.

Існують різні думки щодо вологонакопичувальної ефективності різних обробітків ґрунту. Більшість учених у своїх публікаціях впевнені в доцільності проведення безполицевих обробітків для кращого вологозабезпечення культур. Так, дискування, порівняно зі звичайною оранкою на чорноземах типових сприяло збільшенню ґрунтових запасів вологи на 80–320 м<sup>3</sup> на 1 га ріллі (Viguzov, 1984). Пояснюють цю перевагу меншими втратами вологи за рахунок зменшення пористості ґрунту, поліпшення мікрорельєфу та збереження стерні на поверхні поля (Laukart, 1984; Cadovij, 1999; Lafond et al., 2006; Centilo, 2019). Аналогічні результати отримано на чорноземних ґрунтах і в інших дослідженнях (Shapoval et al., 2002; Alabuchev & Ovcjnnikova, 2012; Korchagin et al., 2015). Можна зустріти і протилежні твердження (Rogko et al., 2018). Неоднозначність поглядів спонукала нас до вивчення цього питання стосовно систем основного обробітку ґрунту та удобрення.

## Матеріали та методи

Метою наших досліджень було визначення впливу різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на водний режим ґрунту і продуктивність сільськогосподарських культур у короткоротаційній сівозміні.

На Хмельницькій державній сільськогосподарській дослідній станції впродовж 2009–2018 рр. у стаціонарному досліді вивчали вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на запаси продуктивної вологи у ґрунті та продуктивність сільськогосподарських культур. Дослідження проводили в 4-пільній сівозміні де висівали: сою, ячмінь ярий, гірчицю білу, пшеницю озиму. Агротехніка вирощування культур – загальноприйнята для зони Лісостепу де принципом єдиної відміни прийнято не глибину, а спосіб (систему) розпушення ґрунту.

Схема досліджуваного основного обробітку ґрунту включала наступні системи: полицева (контроль) де виконували щорічну оранку плугом ПЛН-3-35 на глибину 20–27 см (залежно від необхідної під культуру), плоскорізна – щорічний основний обробіток плоскорізом КПП-2-150 на 20–27 см, чизельна – плугом чизельним ПЧ-2,5+ПСТ-2,5 на 20–27 см, мілка дискова – дисками БДТ-7 на 10–12 см, мінімальна (з 2009 року) – дисками БДТ-7 на 6–8 см.

З 2009 року дози добрив під культури були такими: за традиційної системи удобрення (мінеральної, фон 1) –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , за альтернативної системи удобрення (органо-мінеральної, фон 2) – солома попередника +  $N_{10/t}$  соломи +  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

Ґрунт – чорнозем опідзолений, середньосуглинковий. Уміст гумусу – 2,62–3,12 %, загального азоту – 0,150–0,163 %, рухомих фосфатів – 12,5–19,61 і калію – 6,5–7,2 мг на 100 г ґрунту, рН (сольове) – 6,0–6,5.

Розміщення ділянок – систематичне. Облікова площа ділянок – 40 м<sup>2</sup>, повторність дослідів – чотириразова.

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками (Dospuehov, 1979; Kachynskuu, 1965). Визначення запасів вологи у метровому шарі ґрунту проводили в основні фази росту і розвитку культур. Агрометеорологічні умови характеризувались істотним відхиленням від середньобагаторічних показників, як за

кількістю опадів, температурним режимом, так і їх розподілом у період вегетації, що мало певний вплив на ріст і розвиток культур, але в цілому вплив досліджуваних факторів спостерігався стабільно. За роки досліджень відмічена тенденція у бік зростання як кількості опадів, так і температур.

## Результати досліджень та обґрунтування

Наразі почастишали посушливі явища під час сівби як ярих, так і озимих культур, що призводить до зрідження сходів. За таких обставин посів культур без коткування не відбувається. У наших дослідженнях у фазі повних сходів культур найбільші зрідження зафіксовані на посівах пшениці озимої (до 25 %) за полицевої (контроль) системи на фоні мінерального удобрення. За згаданих умов сходи сої були зріджені до 20 %, гірчиці білої – до 15 %, ячменю ярого – до 10 %. За безполицевих систем густина сходів була значно вищою, особливо на фоні орґано-мінерального удобрення (у середньому на 20 % до мінерального фону). Часто відсутність вологи у посівному шарі не дозволяла виявити різницю в її запасах між системами обробітку ґрунту та фонами живлення не лише в шарі 0–5 см, але і в 0–10 см. Тому ми спробували узагальнити цей показник за роки досліджень у шарі ґрунту 0–20 см (табл. 1). Встановлено, що у середньому за роки досліджень на фоні мінерального удобрення у посівах гірчиці білої найвищі запаси доступної ґрунтової вологи (26,9 мм) в орному шарі створювалися за полицевої системи, у посівах пшениці озимої (21,6 мм) – за мілкої дискової системи, сої (25,9 мм) – за чизельної, ячменю ярого (24,2 мм) – за чизельної. У середньому в сівозміні найвищі запаси вологи (24,2 мм) були за чизельної системи, яка переважала полицеву (контроль) на 0,3 мм (1 %). Найнижчими (22,9 мм) запаси виявилися за плоскорізної системи, що менше контролю на 1,0 мм (4 %). На фоні орґано-мінерального удобрення у посівах гірчиці білої найвищими (29,5 мм) запаси вологи були за мілкої дискової системи, пшениці озимої (25,5 мм) – за полицевої, сої (28,1 мм) – за мілкої дискової, ячменю ярого (26,2 мм) – також за мілкої дискової. У середньому на згаданому фоні найвищі запаси вологи (26,4 мм) були за мілкої дискової системи, яка переважала контроль на 0,4 мм (2 %).

Таблиця 1. Запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–20 см залежно від системи основного обробітку та фону живлення, середнє за 2009–2018 рр. (фаза повних сходів культур)

Системи обробітку	Запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–20 см, мм					± до контролю		± до фону 1	
	гірчиця біла	пшениця озима	соя	ячмінь ярий	середня	мм	%	мм	%
Мінеральне удобрення (фон 1)									
Полицева (контроль)	26,9	21,2	23,7	23,8	23,9	–	–	–	–
Плоскорізна	24,5	21,1	21,9	24,0	22,9	-1,0	-4	–	–
Чизельна	24,1	21,3	25,9	25,3	24,2	0,3	1	–	–
Мілка дискова	24,1	21,6	25,4	24,4	23,9	–	–	–	–
Мінімальна	24,8	20,9	25,5	21,3	23,1	-0,8	-3	–	–
Органо-мінеральне удобрення (фон 2)									
Полицева (контроль)	27,0	25,5	27,1	24,5	26,0	–	–	2,1	9
Плоскорізна	28,4	22,3	26,9	26,1	25,9	-0,1	-0,4	3	13
Чизельна	27,7	22,5	26,1	25,7	25,5	-0,5	-2	1,3	5
Мілка дискова	29,5	21,6	28,1	26,2	26,4	0,4	2	2,5	10
Мінімальна	26,0	22,8	25,7	24,7	24,8	-1,2	-5	1,7	7

Важливо відмітити, що у період повних сходів культур запаси доступної ґрунтової вологи в орному шарі ґрунту на фоні органо-мінерального удобрення переважали мінеральний фон за усіх систем основного обробітку: від 1,3 мм (5 %) за чизельної системи до 3 мм (13 %) за плоскорізної.

Все частішими та дошкульнішими стають літні посухи. Особливу загрозу для культур вони несуть коли тривала відсутність опадів супроводжується високими температурами. Тому важливо відслідкувати вплив систем обробітку та удобрення на запаси ґрунтової вологи в середині вегетації культур, тобто у період цвітіння. У зв'язку з тим, що вміст вологи в ґрунті досить динамічний показник, особливо влітку, адже на його величину, крім опадів, впливає ще ряд факторів, ми звернули увагу на її запаси в метровому шарі, де вони найбільш стабільні (табл. 2).

На фоні мінерального удобрення в середині вегетації культур у метровому шарі ґрунту в посівах гірчиці білої найвищими (132,1 мм) запаси доступної ґрунтової вологи виявилися за полицевої системи основного обробітку ґрунту (контроль). Близькими до цього показника вони

були за плоскорізної системи і склали 130,1 мм, а найнижчими (117,3 мм) – за мінімальної, що нижче від контролю на 14,8 мм (11 %). У посівах пшениці озимої у період цвітіння в метровому шарі найвищими (117,4 мм) запаси вологи були за плоскорізної системи, що більше до контролю на 4,7 мм (4 %), найнижчими (105,3 мм), або мінус 7,4 мм (7 %) – за мінімальної. У посівах сої у фазі цвітіння в метровому шарі ґрунту найвищими (126,3 мм) запаси ґрунтової вологи виявилися за полицевої системи (контроль), найнижчими (105,4 мм) вони були за мінімальної, що менше від контролю на 20,9 мм (17 %). У посівах ячменю ярого в середині вегетації в метровому шарі найвищими (117,3 мм) запаси ґрунтової вологи були за полицевої системи (контроль), найнижчими (109,6 мм) – за мінімальної, що нижче контролю на 7,7 мм (7 %). Таким чином, у середині вегетації культур у середньому в сівозміні найвищі (122,1 мм) запаси ґрунтової вологи в метровому шарі виявлено на контролі за полицевої системи, за всіх інших систем (безполицевих) – зафіксовано зниження запасів вологи порівняно до контролю на 2–10 % з найменшим (109,4 мм) значенням за мінімальної системи.

Таблиця 2. Запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–100 см залежно від системи основного обробітку та фону живлення, середнє за 2009–2018 рр. (середина вегетації культур)

Системи обробітку	Запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–100 см, мм					± до контролю		± до фону 1	
	гірчиця біла	пшениця озима	соя	ячмінь ярий	середня	мм	%	мм	%
Мінеральне удобрення (фон 1)									
Полицева (контроль)	132,1	112,7	126,3	117,3	122,1	–	–	–	–
Плоскорізна	130,1	117,4	105,4	126,5	119,9	-2,2	-1,8	–	–
Чизельна	120,9	111,6	117,8	111,3	115,4	-6,7	-5	–	–
Мілка дискова	123,1	107,1	109,5	111,2	112,7	-9,4	-8	–	–
Мінімальна	117,3	105,3	105,4	109,6	109,4	-12,7	-10	–	–
Органо-мінеральне удобрення (фон 2)									
Полицева (контроль)	141,2	124,6	122,6	128,2	129,2	–	–	7,1	6
Плоскорізна	127,1	112,1	115,0	125,3	119,9	-9,3	-7	–	–
Чизельна	126,6	110,2	115,1	113,3	116,3	-12,9	-10	0,9	1
Мілка дискова	129,0	104,7	108,6	115,2	114,4	-14,8	-11	1,7	2
Мінімальна	114,2	103,5	103,5	106,4	106,9	-22,3	-17	-2,5	-2

На фоні органо-мінерального удобрення в метровому шарі ґрунту в середині вегетації культур у посівах гірчиці білої найвищі (141,2 мм) запаси доступної ґрунтової вологи виявлено за полицевої (контроль) системи основного обробітку, найнижчі (114,2 мм) вони були за мінімальної, що менше від контролю на 27 мм (19 %). У посівах пшениці озимої в середині вегетації в метровому шарі ґрунту найвищі (124,6 мм) запаси ґрунтової вологи виявлено за полицевої (контроль) системи основного обробітку, найнижчі (103,5 мм) – за мінімальної, що менше від контролю на 21,1 мм (17 %). У посівах сої в середині вегетації в метровому шарі ґрунту найвищими (122,6 мм) запаси ґрунтової вологи виявилися за полицевої системи (контроль), найнижчими (103,5 мм) вони були за мінімальної, що менше від контролю на 19,1 мм (16 %). У посівах ячменю ярого в середині вегетації в метровому шарі найвищими (128,2 мм) запаси ґрунтової вологи були за полицевої системи (контроль), найнижчими (106,4 мм) – за мінімальної, що нижче контролю на 21,8 мм (17 %). Таким чином, у середині вегетації культур у середньому в сівозміні найвищі (129,2 мм)

запаси ґрунтової вологи в метровому шарі ґрунту виявлено на контролі за полицевої системи, а за всіх безполицевих систем обробітку ґрунту відмічено зниження запасів вологи порівняно до контролю на 2–17 % з найменшим (106,9 мм) значенням за мінімальної системи. Отже, в середині вегетації культур в метровому шарі ґрунту на фоні органо-мінерального удобрення, порівняно до мінерального, за полицевої системи виявлено вищі запаси доступної ґрунтової вологи на 7,1 мм (6 %), за чизельної – на 0,9 мм (1 %), за мілкої дискової – на 1,7 мм (2 %). За мінімальної системи запаси вологи в метровому шарі виявилися нижчими до мінерального фону на 2,5 мм (2 %), за плоскорізної – однаковими на обох фонах.

Показником оцінки різних систем основного обробітку ґрунту є продуктивність сільськогосподарських культур. Системи основного обробітку ґрунту виявили істотний вплив на урожайність культур сівозміни (табл. 3). Так, на фоні мінерального удобрення найвищу врожайність гірчиці білої (1,89 т/га) отримали за полицевої системи (контроль), найнижчу (1,55 т/га) – за мінімальної, що нижче контролю на 0,34 т/га (18 %).

Таблиця 3. Продуктивність культур сівозміни залежно від системи основного обробітку ґрунту та фону живлення, (2009–2018 рр.), т/га

Системи обробітку	Гірчиця біла	Пшениця озима	Соя	Ячмінь ярий	Середня	± до контролю		± до фону 1	
						т/га	%	т/га	%
Мінеральне удобрення (фон 1)									
Полицева (контроль)	1,89	5,74	2,06	3,97	3,42	-	-	-	-
Плоскорізна	1,85	5,80	1,80	4,06	3,38	-0,04	-1	-	-
Чизельна	1,77	5,53	2,00	3,64	3,24	-0,18	-5	-	-
Мілка дискова	1,80	5,37	1,92	3,61	3,18	-0,24	-7	-	-
Мінімальна	1,55	5,19	1,73	3,39	2,97	-0,45	-13	-	-
Органо-мінеральне удобрення (фон 2)									
Полицева (контроль)	1,89	5,93	2,02	4,14	3,50	-	-	0,08	2
Плоскорізна	1,83	5,67	1,94	4,04	3,37	-0,13	-4	-0,01	-0,3
Чизельна	1,82	5,37	1,98	3,65	3,21	-0,29	-8	-0,03	-1
Мілка дискова	1,83	5,17	1,83	3,68	3,13	-0,37	-11	-0,05	-2
Мінімальна	1,50	5,05	1,58	3,23	2,84	-0,66	-19	-0,13	-4

У середньому за роки досліджень урожайність пшениці озимої була найвищою (5,8 т/га) за плоскорізної системи обробітку ґрунту, що на 0,06 т/га більше порівняно з оранкою. За мінімальної системи обробітку ґрунту отримано урожайність зерна – 5,19 т/га, що менше на 0,61 т/га (11 %) порівняно з полицевою системою. Урожайність сої була найвищою – (2,06 т/га) за полицевої системи (контроль), найнижчою – 1,73 т/га, або мінус 0,33 т/га (16 %) від контролю за мінімальної.

Урожайність ячменю ярого у середньому за роки досліджень була найвищою (4,06 т/га) за плоскорізної системи обробітку ґрунту, що склало 0,09 т/га приросту до контролю, а найнижчою (3,39 т/га) – за мінімальної, що становило недобір урожаю 0,58 т/га (15 %) до контролю. На фоні органо-мінерального удобрення урожайність усіх культур виявилась найвищою за полицевої системи (контроль) і складала: гірчиці білої – 1,89 т/га, пшениці озимої – 5,93 т/га, сої – 2,02 т/га, ячменю ярого – 4,14 т/га. Найнижчою урожайність згаданих культур була за мінімальної системи з показниками: 1,50 т/га, 5,05 т/га, сої – 1,58 т/га, 3,23 т/га, відповідно. В цілому, урожайність усіх культур сівозміни за

всіх безполицевих систем виявилася нижчою від полицевої (контролю) на 4–19 %. За органо-мінерального удобрення встановлено приріст урожайності 2 % лише за полицевої системи порівняно до фону мінерального живлення, а за безполицевих – зниження на 0,3–4 %. На фоні органо-мінерального удобрення за полицевої системи обробітку ґрунту лише в посівах сої відмічено неістотне зниження на 0,04 т/га (2 %) урожайності зерна порівняно до мінерального. Нами виявлено прямі кореляційні залежності між запасами доступної ґрунтової вологи в метровому шарі ґрунту в середині вегетації культур і показниками урожайності: на фоні мінерального удобрення – 0,553–0,878, та органо-мінерального – 0,924–0,997.

### Висновки

1. У орному шарі ґрунту найвищими запаси доступної вологи (23,9–24,2 мм) у період повних сходів культур сівозміни були на фоні мінерального удобрення за чизельної, полицевої та мілкої дискової систем обробітку ґрунту, а найменшими (22,9 мм) за плоскорізної.

2. Застосування полицевої та мілкої дискової системи на органо-мінеральному фоні живлення забезпечили найвищі запаси доступної вологи в

грунті. На згаданому фоні запаси продуктивної вологи збільшились на 5–13 % порівняно з мінеральним фоном живлення.

3. Запаси доступної вологи у метровому шарі ґрунту на фоні мінерального удобрення були найвищими (122,1 мм) за полицевої системи. Застосування безполицевих систем обробітку ґрунту призвело до зменшення згаданого показника на 2–10 % порівняно з оранкою.

4. За органо-мінерального удобрення запаси доступної вологи у метровому шарі ґрунту були найвищими (129,2 мм) за полицевої системи, що на 6 % більше порівняно з мінеральним фоном. Встановлено зниження запасів продуктивної вологи в ґрунті на 7–17 % за безполицевих систем, порівняно з контролем.

5. Встановлено, що на фоні мінерального удобрення урожайність гірчиці білої (1,89 т/га) та сої (2,06 т/га) була найвищою за полицевої системи обробітку ґрунту, а ячменю ярого (4,06 т/га) та пшениці озимої (5,8 т/га) – за плоскорізної системи. За органо-мінерального удобрення урожайність усіх досліджуваних культур сівозміни була найвищою за полицевої системи обробітку ґрунту.

### References

- Alabushev, A. B. & Ovsyannikova, G.V. (2012). Vлагоobespechennost pochvy i vodopotrebleniye ozimoy pshenitsy v polevom sevooborote [Moisture providing of soil and moisture requirement of winter wheat is in the field crop rotation]. *Zemledeliye*, 5, 10–12 [in Russian].
- Dospekhov, B. A. (1979). Metodika polevogo opyta [Method of field experiment]. Moskva. Kolos [in Russian].
- Horobets, A. H., Tsyliuryk, O. I., Horbatenko, A. I. & Sudak, V. M. (2011). Volohozabezpechenist ta urozhainist polovykh kultur za riznykh system obrobittku ґрунту v sivozmini [Moisture providing and productivity of the field cultures at the different systems of till of soil that in a crop rotation]. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony*, 1, 20–25 [in Russian].
- Hudz, V. P., Prymak, I. D. & Rybak, M. F. (2007). Adaptivni systemy zemlerobstva [Adaptive systems of agriculture]. Kyiv: Tsentр uchbovoi literatury [in Russian].
- Kachinskiy, N. A. (1965). Fizika pochv [The physics of soil]. Novosibirsk [in Russian].
- Kaminskiy, V. F. & Hanhur, V. V. (2018). Dynamika produktyvnoi volohy v ґрунті za vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi v sivozminakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Dynamics of productive moisture in the soil for the cultivation of winter wheat in the crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 11–14. doi: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.01> [in Ukrainian].
- Korchagin, A. A., Ilin, L. I. & Bibik, T. C. (2015). Vliyaniye sistem obrabotki na vodnyy rezhim seroy lesnoy pochvy [Influence of the systems of till is on the water mode of grey forest soil]. *Zemledeliye*, 8, 22–25 [in Russian].
- Lafond, G. P., May, W. E., Stevenson, F. C. & Derksen, D. A. (2006). Effects of tillage systems and rotations on crop production for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *Soil and Tillage Research*, 89 (2), 232–245.
- Laukart, F. F. (1984). Effektivnost minimalizatsii osenney obrabotki pochvy i borba s sornyakami [Effectiveness in minimizing autumn tillage and weed control]. *Zemledeliye*, 9, 13–14 [in Russian].
- Litvinov, D. V. (2015). Formuvannya vodnoho rezhymu ґрунту v systemi korotkorotatsiinykh sivozmin [Formation of water regime of soil in system of short crop rotations]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 11, 13–18 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201511-03> [in Ukrainian].
- Orlovskiy, M. Y., Tymoshchuk, T. M., Konopchuk, O. V., Voitsekhivskiy, V. I., & Didur, I. M. (2019). Vplyv elementiv tekhnologii vyroshchuvannya na produktyvnist pshenytsi ozymoi v umovakh Zakhidnoho Polissia Ukrainy [Influence of elements of technology of growing on the productivity of winter wheat in the conditions of the Western Polissya of Ukraine]. *Scientific Horizons*, 1 (74), 18–24. doi: <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-74-1-18-24> [in Ukrainian].
- Pestov, I. I. (1969). Vplyv poperednykiv na vodnyi ta pozhyvnyi rezhymy hruntu, rist ta rozvytok tsukrovykh buriakiv, produktyvnist lanok sivozmin [Influence of predecessors is on the water and nourishing modes of soil, height and development of sugar beets, productivity of links of crop rotations]. *Zemlerobstvo*, 20, 25–29 [in Ukrainian].
- Rozhko, V. M., Pelykh, A. Yu. & Borys, N. Ye. (2018). Vplyv system osnovnoho obrobittku hruntu na zapas produktyvnoi volohy v posivakh kukurudzy na zerno [Influence of the systems of basic till of ґрунту on the supply of productive moisture in sowing of corn on grain]. *Klimatychni zminy ta silske*

*hospodarstvo*, Zbirnyk tez mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii za uchastiu FAO (pp. 430–433). Kyiv : NMTs «Ahroosvita» [in Russian].

Sadovyi, S. O. (1999). Vplyv bezpolytsevykh sposobiv osnovnoho obrobitku gruntu na umovy rostu ta produktyvnist lanky sivozminy chystyi parozyma pshenytsia-kukurudza na zerno [Influence of nonmoldboard methods of basic till of soil on the terms of growth and the productivity of link of crop rotation clean pairs - a winter wheat is a corn on grain]. *Visnyk Kharkivskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu*, 1, 102–105 [in Ukrainian].

Shapoval, I. S., Shylina, L. I. & Kovalenko, N. P. (2002). Vodnyi rezhym hruntu zalezno vid nasychennia sivozmin zernovymy kulturamy [Moisture regime of soil depending on saturation crop rotation of grain crop]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN*, 3, 44–47.

Tsentylo, L. V. (2019). Zmina vodnorho

rezhymu chornozemu tipovoho zalezno vid system osnovnoho obrobitku hruntu [Change of the water mode of black earth of typical depending on the systems basic till of soil]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 11, 22–27 [in Ukrainian].

Vyguzov, Yu. I. (1984). Obrabotka sklonovykh zemel na Urale [Till of slope earth is on Ural]. *Zemledeliye*, 5, 10–12 [in Russian].

Yakimenko, V. N., Shkarednyy, I. S. & Odrekhovskiy, A. F. (1985). Vлагообеспеченность поля [Moisture providing of field]. *Sakharnaya svekla*, 11, 21–23 [in Russian].

Zakharchenko, I. H. & Predko, I. H. (1975). Vodnyi rezhym hruntu v zerno-buriakovii sivozmini livoberezhnoho Lisostepu Ukrainskoi RSR [The water mode of soil is in the grain - beet crop rotation of left-bank Forest-steppe of Ukrainian SSR]. *Zemlerobstvo*, 41, 28–36 [in Russian].

---

---

**Правила для авторів, які подають матеріали до наукового журналу  
«НАУКОВІ ГОРИЗОНТИ•SCIENTIFIC HORIZONS»**

«Наукові горизонти» є науковим фаховим виданням, що видається 12 разів на рік, в якому друкуються статті з таких основних напрямів: аграрні науки та продовольство, ветеринарна медицина, механічна інженерія, міжнародні відносини, публічне управління та адміністрування, соціальні та поведінкові науки, управління та адміністрування.

Редакційна колегія збірника приймає до друку наукові статті українською та англійською мовами, що відповідають вимогам п. 3 Постанови Президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7-05/1 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України» та Наказу МОНУ України № 32 від 15.01.2018 р. «Про затвердження Порядку формування Переліку наукових фахових видань України».

Структура статті:

1. Індекс УДК (виключка по лівому краю).

2. Назва статті повинна відповідати її змісту (об'єм не більше 12 слів), (виключка по центру, прописними літерами, напівжирним шрифтом).

3. Ініціали та прізвища авторів (виключка по центру). Після прізвищ авторів слід позначити арабськими цифрами (індексами зверху) відповідність установам, в яких вони працюють.

4. Електронна адреса авторів (виключка по центру).

5. Повна офіційна назва та юридична адреса установи авторів (виключка по центру).

6. Анотація англійською мовою (не менше 1800 знаків, включаючи ключові слова) із зазначенням ініціалів та прізвищ авторів, назви статті, повної офіційної назви та юридичної адреси установи. Якщо стаття англійською мовою, то резюме подається, відповідно, українською та російською мовами.

Анотація мовою статті (не менше 1800 знаків, включаючи ключові слова). Анотація має бути інформативною (не містити загальних слів), структурованою (слідувати логіці викладення статті) та змістовною (розкривати основні результати досліджень). Перше речення – вступ (актуальність), друге та третє – коротко характеризує мету та методи досліджень, останнє – перспективи подальших досліджень. Результати досліджень займають близько 70 % об'єму анотації. Анотація не повинна бути перенасичена цифровим матеріалом, а також не містити аббревіатури, виноски та посилання. Переклад на

англійську мову має бути професійним без використання інтернет-ресурсів для перекладачів.

7. Ключові слова: 4–7 слів або словосполучень повинні відповідати змісту статті та не дублюватися у заголовку (курсив, виключка по ширині).

8. Текст статті (вирівнювання по ширині).

Виклад основного матеріалу здійснюється у такому порядку: *вступ; матеріали та методи; результати досліджень та обговорення; висновки.*

У *вступній частині* слід висвітлити сучасний стан проблеми на вітчизняному та світовому рівнях та дати аналіз останніх досліджень і публікацій з посиланнями на наукові видання за останні 5–10 років.

У розділі *матеріали та методи* необхідно розкрити загальну методикку проведених досліджень, навести використані методи. У теоретичних роботах розкрити методи розрахунків та гіпотези досліджень. Щодо загально-відомих методів, то досить дати посилання на літературне джерело. Імовірність відмінностей показників отриманих даних слід обґрунтувати статистичним аналізом, посилаючись на конкретні методи, і вказати, за допомогою якої програми було зроблено статистичний аналіз одержаних результатів.

У розділі *результати досліджень та обговорення* необхідно представити основний матеріал дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Табличний або графічний матеріал обов'язково наводити з результатами статистичної обробки даних. Джерела посилань розміщують під таблицями та рисунками.

*Висновки* мають повно і конкретно відображати результати досліджень, відповідати меті та назві статті, дослівне дублювання в анотації неприпустиме.

9. References (виключка по ширині).

Транслітерований список використаної літератури слід подавати непрономерованим, латиницею (в стилі *APA – American Psychological Association*, (<http://www.apastyle.org/>), в алфавітному порядку згідно з вимогами світових реферативних баз даних, з індексами DOI, наведеними на сайті <https://www.crossref.org>.

Транслітерувати український (російський) алфавіт латиницею потрібно відповідно до постанови КМУ від 27.01.2010 № 55. Іншомовні

літературні джерела наводять мовою оригіналу. Для автоматичної транслітерації можна також скористатися сайтом <http://translate.meta.ua/ua/translit/>.

Посилання на літературу необхідно подавати у круглих дужках по тексту (*Ivashchenko, 2017*). Використані джерела, позначені в дужках, необхідно розташовувати за роками, а не за алфавітом, а для одного року – за алфавітом (*Ivashchenko, 2017; Romanchuk, 2018; Bondareva, 2019*). В одних дужках не наводити більше 3 джерел. Якщо у джерелі два автори, то слід зазначити (*Dudka & Mushyk, 2016*), а більше двох авторів – (*Malecka et al., 2012*).

У списку літератури мають бути посилання на джерела, що мають індекси DOI (не менше 30 %). Слід уникати самоцитовування (не більше 10 %). Небажано використовувати інтернет-публікації, окрім наукових, тези доповідей, звіти, автореферати та дисертації (джерела мають бути доступними). Окремо необхідно подати список використаної літератури мовою оригіналу, оформлений відповідно до стандартів бібліографічного опису (ДСТУ 8302:2015).

Датою отримання рукопису вважається дата надходження його до редакції. У разі одержання рукопису, оформленого з порушенням цих правил, редакція залишає за собою право його не приймати, про що повідомляє авторів.

Англійський варіант статті приймається лише за умови її фахового перекладу. У разі надсилання англійського варіанту, перекладеного за допомогою інтернет-перекладачів (наприклад, *Google*), матеріали будуть відхилені.

Рукопис статті слід подавати у форматі *doc.*, виконаною у редакторі *Microsoft Word* (будь-яка версія). Обсяг статті – до 12 сторінок тексту формату А4 (210x297 мм), включаючи таблиці, ілюстративний матеріал і бібліографічний список. Параметри сторінки: орієнтація книжкова; поля – 20 мм з усіх боків. Параметри абзацу: відступ першого рядка (абзац) – 0,7 см, шрифт – гарнітура *Times New Roman*, розмір шрифту – 14 *pt*, інтервал – 1,0, вирівнювання – по ширині сторінки. Не допускається використання таких елементів форматування, як «розрив розділу з нової сторінки» та колонтитул.

Таблиці, рисунки, графіки, формули подаються після посилання на них у тексті і мають бути пронумеровані арабськими літерами (орієнтація книжкова). Всі аббревіатури слід розшифровувати. У таблицях слова повинні бути написані повністю та вірно розставлені переноси. Примітки розміщуються безпосередньо під таблицею. Формули мають бути написані у редакторі *Equation Editor*, змінні

математичні величини у тексті відповідно до формул набираються курсивом. Рисунки повинні бути розташовані по центру, обтікання зображення текстом не дозволяється, спосіб заливки «Узор» у чорно-білих тонах. Всі розмірності фізичних величин повинні подаватися відповідно до Міжнародної системи одиниць (СІ). Між одиницями виміру та символами і цифрами, до яких вони належать, ставиться нерозривний пробіл.

Статті направляються до редколегії тільки у електронному вигляді. Назви файлів повинні відповідати прізвищу автора. Наприклад: *Іванчук\_Стаття*, *Іванчук\_Відомості*. Окремим файлом до статті додаються відомості про авторів двома мовами: прізвища, імена, по батькові, назви і поштові адреси установ, де виконано роботу, а також контактні телефони, електронні адреси та ідентифікаційні номери ORCID кожного з авторів статті. Наукові статті, що надійшли до редколегії, обов'язково проходять подвійне незалежне рецензування провідними спеціалістами у відповідній галузі науки. У разі повернення статті на доопрацювання, автор має врахувати всі зауваження редколегії. Рукописи, відхилені редакційною колегією, авторам не повертаються. Стаття, не рекомендована рецензентом до публікації, до повторного розгляду не приймається.

Якщо стаття прийнята до друку, автор має підписати угоду про передачу авторських прав. Угода надсилається на пошту (оригінал) або електронну адресу (сканована копія) редакції журналу. Остаточне рішення про опублікування статті приймає редколегія журналу.

#### **Адреса редколегії:**

**Т. М. Тимошук**

тел.: (096) 493–30–24, *e-mail: schor.znau@gmail.com*  
(агрономія, ветеринарна медицина, екологія, захист і карантин рослин, лісове господарство, садівництво та виноградарство, садово-паркове господарство, технологія виробництва і переробки продукції тваринництва);

**Н. О. Куровська**

тел.: (096) 680–02–95, *e-mail: kurovska@gmail.com*  
(економіка, маркетинг, менеджмент, міжнародні економічні відносини, облік і оподаткування, підприємництво, публічне управління та адміністрування, торгівля та біржова діяльність, фінанси, банківська справа та страхування, агроінженерія, галузеве машинобудування)

Житомирський національний  
агроекологічний університет,  
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна