

**Свідоцтво про державну реєстрацію:** № KB 21158-10958ПР від 23.01.2015.

**Проблематика:** фізіологія і біохімія, ветеринарна медицина, живлення та годівля, розведення і селекція тварин, морфологія, клітинна та молекулярна біологія, імунологія, генетика, екологія і токсикологія, цитологія, мікробіологія та біотехнологія; огляди актуальних проблем біології; методичні роботи, в яких описано нові або вдосконалені методи досліджень; статті з історії біологічної, ветеринарної та сільськогосподарської наук, що висвітлюють еволюцію ідей, виникнення і розвиток наукових шкіл або присвячені творчим портретам учених; дискусійні статті рецензій на нові книги та на журнальні публікації; наукова хроніка.

**Засновник:** Інститут біології тварин НААН.

**Рік заснування:** 1998. **Періодичність:** 4 рази на рік.

**Мова видання:** українська, англійська.

**Науковий журнал «Біологія тварин» індексується у** *The Index Copernicus International, Google Scholar, Cross Ref, WorldCat.*

**Головний редактор:** Салига Ю. Т., д. біол. н.

**Науковий редактор:** Вудмаска І. В., д. с.-г. н.

**Відповідальний секретар:** Грабовська О. С., к. біол. н.

**Комп'ютерна верстка:** Судин К. Ю.

**Certificate of print media State registration:** No. KB 21158-10958ПР of 23.01.2015.

**Aims and Scope:** physiology and biochemistry, veterinary medicine, nutrition and feeding animals, breeding and selection, morphology, cellular and molecular biology, immunology, genetics, ecology and toxicology, cytology, microbiology, biotechnology; reviews on actual problems of biology; methodical works describing new or improved research methods; articles about the history of biological, agricultural and veterinary sciences highlighting the evolution of ideas, the conception and development of scientific schools or dedicated to creative portraits of scientists; discussion reviews of the new books and the journal publications; scientific chronicle.

**Founder:** Institute of Animal Biology NAAS of Ukraine.

**Published since:** 1998. **Periodicity:** 4 times per year.

**Language:** Ukrainian, English.

**The scientific journal "The Animal Biology" is included in:** *The Index Copernicus International, Google Scholar, CrossRef, WorldCat.*

**Editor-in-chief:** Yuriy Salyha, Dr. Sc.

**Scientific Editor:** Ihor Vudmaska, Dr. Sc.

**Editorial secretary:** Olexandra Grabovska, PhD.

**Page layout:** Kateryna Sudyn.

---

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Салига Юрій Тарасович**, Інститут біології тварин НААН (Україна) — Голова колегії, головний редактор  
**Вудмаска Ігор Васильович**, Інститут біології тварин НААН (Україна) — заступник головного редактора

**Антоняк Галина Леонідівна**, Львівський національний університет імені І. Франка (Україна)

**Бартлевські Павел**, Ветеринарний коледж Онтаріо, Гельфський університет (Канада)

**Білий Ростислав Олександрович**, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького (Україна)

**Віщур Олег Іванович**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

**Войтюк Олександр**, Уппсальський університет (Швеція)

**Гавриляк Вікторія Василівна**, Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)

**Гладій Михайло Васильович**, Національна академія аграрних наук України (Україна)

**Гунчак Алла Володимирівна**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

**Гжегоцький Мечислав Романович**, Львівський національний медичний університет ім Данила Галицького (Україна)

**Доліба Микола**, Пенсильванський університет (США)

**Жукорський Остап Мирославович**, Національна академія аграрних наук України (Україна)

**Заячківська Оксана Станіславівна**, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького (Україна)

**Іскра Руслана Ярославівна**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

**Калачнюк Лілія Григорівна**, Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)

**Кльоцек Чеслав**, Сільськогосподарський університет імені Гуго Коллонтая у Кракові (Польща)

**Ковальскі Зигмунд**, Сільськогосподарський університет імені Гуго Коллонтая у Кракові (Польща)

**Ковальчук Ірина Іванівна**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

**Корпан Ярослав Ізидорович**, Інститут молекулярної біології і генетики НАН України (Україна)

**Коцюмбас Ігор Ярославович**, Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок (Україна)

**Кришталь Олег Олександрович**, Інститут фізіології імені О. О. Богомольця НАН України (Україна)

**Кулік Джордж**, Медичний центр Університету Вейк Форест (США)

**Лесик Ярослав Васильович**, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка (Україна)

**Луговий Богдан**, Університет Маунт Сент Вінсент (Канада)

**Лушак Володимир Іванович**, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника (Україна)

**Мадіч Алла Всеволодівна**, Кембриджський університет (Великобританія)

**Мароунек Мілан**, Інститут тваринництва (Чехія)

**Медина Ігор**, Середземноморський інститут нейробиології (Франція)

**Мудронь Павол**, Університет ветеринарної медицини та фармації в Кошице (Словаччина)

**Муравські Мацей**, Сільськогосподарський університет імені Гуго Коллонтая у Кракові (Польща)

**Остапів Дмитро Дмитрович**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

**Півнева Тетяна Андріївна**, Інститут фізіології імені О. О. Богомольця НАН України (Україна)

**Снітинський Володимир Васильович**, Львівський національний аграрний університет (Україна)

**Стапай Петро Васильович**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

**Стибель Володимир Володимирович**, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького (Україна)

**Стойка Ростислав Степанович**, Інститут біології клітини НАН України (Україна)

**Тизьо Роман**, Середземноморський інститут нейробиології (Франція)

**Федорович Єлизавета Іллівна**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

**Федорук Ростислав Степанович**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

**Шаран Микола Михайлович**, Інститут біології тварин НААН (Україна)

---

**Адреса редакції:** Інститут біології тварин НААН,  
вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна.  
**Тел./ Факс:** (+38 032) 260-07-95, (+38 032) 270-23-89.  
**Електронна скринька:** editor\_j@inenbiol.com.ua.  
**Веб-сторінка:** <http://aminbiol.com.ua>

**Editorial Office:** Institute of Animal Biology NAAS,  
38 Stus str., Lviv, 79034, Ukraine.  
**Тел. / Факс:** (+38 032) 260-07-95, (+38 032) 270-23-89.  
**E-mail:** editor\_j@inenbiol.com.ua.  
**Website:** <http://aminbiol.com.ua>



ІНСТИТУТ  
БІОЛОГІЇ  
ТВАРИН  
НААН

ISSN 1681-0015 (print)

ISSN 2313-2191 (online)

DOI: 10.15407/animbiol

# БІОЛОГІЯ ТВАРИН

---

---

## The ANIMAL BIOLOGY

2022 ▪ Volume 24 ▪ Issue 3 ▪ Issue DOI: 10.15407/animbiol24.03

---

### EDITORIAL COUNCIL

**Yuriy Salyha**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine) — Head of the council, editor-in-chief  
**Ihor Vudmaska**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine) — deputy chief editor

**Halyna Antonyak**, Ivan Franko National University of Lviv (Ukraine)  
**Paweł Mieczysław Bartlewski**, Ontario Veterinary College, University of Guelph (Canada)  
**Rostyslav Bilyy**, Danylo Halytsky Lviv National Medical University (Ukraine)  
**Nicolai M. Doliba**, University of Pennsylvania (United States)  
**Yelyzaveta Fedorovych**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Rostyslav Fedoruk**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Mykhailo Gladij**, The National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine)  
**Mechyslav Gzhegotskyi**, Danylo Halytsky Lviv National Medical University (Ukraine)  
**Viktoriiia Havryliak**, Lviv Polytechnic National University (Ukraine)  
**Alla Hunchak**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Ruslana Iskra**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Liliiia Kalachniuk**, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Ukraine)  
**Czesław Klocek**, University of Agriculture in Kraków (Poland)  
**Yaroslav Korpan**, Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine (Ukraine)  
**Igor Kotsyumbas**, State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives (Ukraine)  
**Iryna Kovalchuk**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Zygmunt Maciej Kowalski**, University of Agriculture in Kraków (Poland)  
**Oleg Krishtal**, Bogomoletz Institute of Physiology NAS of Ukraine (Ukraine)  
**George Kulik**, Wake Forest University (United States)  
**Yaroslav Lesyk**, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University (Ukraine)  
**Bohdan Luhovyy**, Mount Saint Vincent University (Canada)  
**Volodymyr Lushchak**, Vasyl Stefanyk Precarpathian National University (Ukraine)  
**Alla Madich**, University of Cambridge (United Kingdom)  
**Milan Marounek**, Institute of Animal Science (Czech Republic)  
**Igor Medina**, Mediterranean Institute of Neurobiology (France)  
**Pavol Mudroň**, University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice (Slovak Republic)  
**Maciej Murawski**, University of Agriculture in Kraków (Poland)  
**Dmytro Ostapiv**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Tatyana Pivneva**, Bogomoletz Institute of Physiology NAS of Ukraine (Ukraine)  
**Mykola Sharan**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Volodymyr Snityns'kyi**, Lviv National Agrarian University (Ukraine)  
**Petro Stapay**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Rostyslav Stoika**, Institute of Cell Biology NAS of Ukraine (Ukraine)  
**Volodymyr Stybel**, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv (Ukraine)  
**Roman Tyzio**, Mediterranean Institute of Neurobiology (France)  
**Oleg Vishchur**, Institute of Animal Biology NAAS (Ukraine)  
**Oleksandr Voytyuk**, Uppsala University (Sweden)  
**Oksana Zayachkivska**, Danylo Halytsky Lviv National Medical University (Ukraine)  
**Ostap Zhukorskyi**, The National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine)

## ЗМІСТ

<i>Budakva Ye. O., Pochernyaev K. F., Korinnyi S. M., Povod M. G.</i> Genetic diversity of modern lines of hybrid pigs based on variations in mitochondrial DNA sequence .....	3
<i>Штапенко О. В., Гевкан І. І., Сирватка В. Я., Сливчук О. Ю., Корбецька О. О., Корнят С. Б., Яремчук І. М.</i> Створення комбінованих стабілізуючих композицій для збереження активності гонадотропнів у рідкій формі препарату.....	14
<i>Чечет О. М., Коваленко В. Л.</i> Дослідження фунгіцидної дії дезінфекційного препарату «Діолайд» .....	18
<i>Халтурин М. Б.</i> Морфобіологічна характеристика щуки звичайної ( <i>Esox lucius</i> L.) малих водойм комплексного призначення Сумської та Київської областей.....	22
<i>Ратич І., Гунчак А., Сірко Я., Стефанишин О., Кирилів Б., Хомик І.</i> Продуктивність та якісні показники яєць курей-несучок за зміни якісного та кількісного складу протеїну корму .....	27
<i>Рудик-Леуська Н. Я., Хижняк М. І., Макаренко А. А., Леуський М. В.</i> Сучасний стан зоопланктону Каховського водосховища .....	33
<i>Пальонко Р. І.</i> Вплив препарату «Біофосфомаг» на біохімічні показники крові за умов індукованого оксидативного стресу у щурів.....	39
<b><u>Оглядова стаття</u></b>	
<i>Шаран М. М., Салига Ю. Т.</i> Стан і перспективи застосування репродуктивної біотехнології для підвищення продуктивності у скотарстві.....	44
Наші ювіляри.....	51

---

## CONTENTS

<i>Budakva Ye. O., Pochernyaev K. F., Korinnyi S. M., Povod M. G.</i> Genetic diversity of modern lines of hybrid pigs based on variations in mitochondrial DNA sequence .....	3
<i>Shtapenko O. V., Gevkan I. I., Syrvatka V. Y., Sliyuchuk O. Y., Korbetska O. O., Kornyat S. B., Yaremchuk I. M.</i> Creation of combined stabilizing compositions to preserve the activity of gonadotropins in liquid form .....	14
<i>Chechet O. M., Kovalenko V. L.</i> Research on fungicidal effect of "Diolide" disinfectant .....	18
<i>Khalturyn M. B.</i> Morphobiological characteristics of common pike ( <i>Esox lucius</i> L.) in small reservoirs of complex purpose in Sumy and Kyiv regions .....	22
<i>Ratysh I., Hunchak A., Sirko Ya., Stefanyshyn O., Kyryliv B., Chomyk I.</i> Laying hens productivity and quality of eggs at changing the qualitative and quantitative composition of feed protein .....	27
<i>Rudyk-Leuska N. Ya., Khyzhnyak M. I., Makarenko A. A., Leuskyi M. V.</i> The current state of the zooplankton in the Kakhovka reservoir .....	33
<i>Palonko R. I.</i> Biochemical effect of the <i>Biophosphomag</i> medication on the biochemical blood indicators in rats under oxidative stress conditions .....	39
<b><u>Review article</u></b>	
<i>Sharan M. M., Salyha Yu. T.</i> The status and prospects of reproductive biotechnology application to increase productivity in cattle breeding .....	44
Our jubilarians .....	51



## Genetic diversity of modern lines of hybrid pigs based on variations in mitochondrial DNA sequence

Ye. O. Budakva<sup>1</sup>, K. F. Pochernyaev<sup>1</sup>, S. M. Korinnyi<sup>2</sup>, M. G. Povod<sup>3</sup>

budakvayelyzaveta@gmail.com

<sup>1</sup>Institute of Pig Breeding and Agricultural Production NAAS,  
1 Shvedska Mohyla str., Poltava, 36013, Ukraine

<sup>2</sup>Poltava State Agrarian University,  
1/3 Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

<sup>3</sup>Sumy National Agrarian University,  
160 Gerasima Kondratieva str., Sumy, 40021, Ukraine

In the study, we evaluated the genetic specificity of haplotypes in the population of hybrid gilts (Large White × Landrace), (Landrace × Large White) from the SPE “Globinsky Pig Complex” LLC and breeding sows of the Large White breed from the SE “DG named after January 9<sup>th</sup>” using polymorphism of the lengths of the restricted fragments of mtDNA. The purpose of the study was to determine if the process of creating specialized parent lines (of modern cross-border breeds) reduces haplotype diversity. As a genetic material, bristles from sows of the Large White breed (n=7) were used and epithelial tissue of pigs (Large White × Landrace), (Landrace × Large White) — (n=37). DNA release from bristle samples was carried out using ion exchange resin *Chelex-100*. For the study of the D-loop of the mitochondrial genome of hybrid pigs (n=37) from the epithelial tissue of the auricle, a set of DNA-sorb-B nucleic acid extraction kit from “InterLabService-Ukraine” LLC was used. The samples of epithelial tissue of pigs’ ears were treated with fire from fuel tablet. For the analysis of the mitochondrial genome, the method of polymorphism of the lengths of restricted fragments was used, amplified with PCR. Genotyping of DNA samples of experimental pigs according to mitochondrial markers was carried out with the involvement of the polysite method in accordance with the methodological recommendations of K. F. Pochernyaev and M. D. Berezovsky (2014). The use of maternal inheritance type markers (mtDNA) allowed to identify 2 maternal lines with specific haplotypes, which participated in the creation of hybrid pigs and the formation of their haplogroup. The genetic diversity of mtDNA subspecies of wild and domesticated pigs is limited by the existing lines. Therefore, one haplotype of the mitochondrial genome does not indicate a specific breed, since, several breeds have the same haplotype mtDNA — A, G, C, N, and O. The concentration of haplotype A in tribal sows of Large White breed with a frequency (16%). In the hybrid gilts (Large White × Landrace), (Landrace × Large White) the concentration of detected haplotypes is: C (n=9) — Landrace, Hampshire, Wales, wild pig (20.5%); G — (n=5) Wales, wild pig (11.4%); O (n=5) — Landrace, wild pig (11.4%); N (n=11) — Large White, Berkshire, Asian wild pig (25%); D 9%, K 6.8% (n=7) — unknown among the breeds of domestic pig. We assume that pigs of a Large White breed with haplotype A and hybrid pigs (Large White × Landrace), (Landrace × Large White) with haplotype G, O, in particular D, K contain aboriginal genetic resources. However, in the middle of the XX century, subspecies of wild and domesticated pig breeds became less population-like due to decrease in the area of cultivation and increased pressure from foreign breeds with high growth rates and breeding grounds. Thus, there is a risk of extinction — existing haplotypes and those which have not yet been identified among domesticated pigs (D, K). This suggests that the study should focus on classifying and identifying the phylogenetic origin of pigs and the creation of a molecular genetic bank of producer boars for environmental activities. The domestication process puts strong selective pressure on *Sus scrofa* species through genetic processes such as inbreeding, genetic drift, natural and artificial selection according to the desired signs. Over the past 9–10,000 years, human intervention



has led to domesticated species that are morphologically, behaviorally, and genetically different from their ancestors' relatives. We believe that the "hybrid" subspecies of wild pigs with some morphological features of a domesticated pig had a higher proportion of the full-genomic ancestors of a domestic pig compared to the morphologically pure subspecies of wild pigs. Animals with haplotypes D, K are the result of hybridization with European boars. Representatives of haplotypes A (Large White, European-type Duroc, Mangalica); G (Wales, wild pig) — Italy; C (Landrace, Wales, Hampshire, wild pig) — Ukraine, Poland, France; O (landrace, wild pig) — Sweden, grouped into the European cluster of "mt-E" haplogroup. Pigs with the haplotype N — Large White (Asian type), Berkshire, a wild pig belongs to the Asian cluster of "mt-A" haplogroup. Over time, this led to almost complete disappearance of primary Middle Eastern ancestors in the nuclear genomes of European domesticated pigs. Phylogenetic reconstruction of mitochondrial genome data from hybrid pigs reflects a clear geographical division of mtDNA data — Eastern Europe and Asia. In particular, the subspecies of European and Asian wild pigs is the ancestral foundation on the maternal line, which preceded domestication and breeding pigs by hybridization. European and Asian haplotypes of wild pigs have shown that wild pigs from regions such as Italy, Poland, France, Scandinavia, and Ukraine were also either domesticated or at least initially included in domesticated pigs. The results of the study of the *S. s. domestica* mitochondrial genome showed an intra-breed genetic diversity of hybrid gilts. This is due to the selection strategy of international genetic centers, where, despite the consolidation of the genetic structure in the inside of the center, significant general genetic diversity of the breed is ensured. In addition, the above results indicate a connection between the frequency distribution of mtDNA haplotypes and adaptation to different climate conditions. As a whole, the presented results are an incentive to continue research on the study of the mitochondrial genome of modern lines of hybrid pigs. Carriers of haplotype C, O, G, and N are the basis of maternal breeding and improvement of the lines of hybrid pigs of the XXI century. It is necessary to take into account the fact that the cleanest mother nuclei (Wild pig, Great Yorkshire, Landrace) are really clean foundation for use in hybridization schemes, in the crossing over, in the formation and development of modern hybrid lines of pigs. Despite this, the diversity of the mitochondrial genome in the population of transboundary breeds persists.

---

**Key words:** origin, mtDNA, D-loop, haplotype, haplogroup, clade, cluster, breeding sows of the Large White, hybrid gilts (Large White × Landrace), (Landrace × Large White), PCR-RFLP analysis

Questions of the breed-creative process of domesticated pigs (*Sus scrofa domestica*) when creating modern hybrid lines of pigs, it is necessary to consider from the definition of the concept "Origin". Origin is the attribution of animals to certain breeds, lines, families, or subspecies of wild ancestors [18]. Eventually, the study of maternal lines using mitochondrial DNA markers. The microevolution process of breed formation has developed due to breeding conditions — a process of domestication, hybridization, selection, and selection of pairs. The requirements of modern breeding ensure the progressive development of the genome of domesticated pigs. To organize maternal lines, the most convenient way to study is mitochondrial DNA. The main source of the mechanism of breed-creative microevolution is hybridization, selection, and selection in the conditions of the intensive domestication process. The basis of the microevolution of *S. s. domestica* representatives as a morphogenetic transformation of the body of pigs are mutations and selection. It is microevolution that is the basis of labor formation in the conditions of domestication. Modern domestication is explained by the transformation of natural selection into artificial. It is worth considering the fact that the intraspecific hybridization

of the current distant descendants of subspecies of wild pigs in Eurasia, the selection process of populations that have undergone domestication is the result of artificial selection. Therefore, among modern representatives of high-performance hybrid pigs, there is a multiple cascading repetition and permanent use of Asian and European ancestral forms. This is effectively confirmed by molecular genetic analysis of PCR-RFLP using maternal inheritance markers. Studies of *S. s. domestica* microevolution at the molecular genetic level confirm the fact that the main source of the gene pool in the formation of the *S. s. domestica* genome was the mitochondrial genome of Asian and European subspecies of wild pigs (molecular-genetic Euro-Asian heterozygosity genome in the microevolution of *S. s. scrofa*). The study of *S. s. domestica* microevolution using molecular genetic methods made it possible to understand the specific direction of the mitochondrial genome of a large breed of pigs and hybrid pigs of foreign breeding. Subspecies of wild pigs of Asian origin took an active part in the microevolution of modern *S. s. domestica* representatives which come from the following subspecies: *S. s. orientalis*, *S. s. cristatus*, *S. s. vittatus* [4]. Commercial European domestic pigs are genetically more

diverse than European wild boars, although historically the latter represent the original population for domestication [3]. However, the genetic structure of pig breeds in Ukraine represents wide geographical regions and various climatic zones of Eurasia. Therefore, analysis of the genetic diversity and maternal structure of the population based on genomic data is useful for finding out the demographic history of pig breeds around the world.

Pigs (*Sus scrofa*) are among the first domesticated animals and remain one of the most important species in the agricultural communities of Eurasia [5, 19, 22]. *S. scrofa* have been domesticated 8,000 to 10,000 years ago in Eastern Anatolia and China [14, 21]. Most pigs were imported into Ukraine from the UK and China. Many breeds of pigs registered in the middle of the twentieth century were obtained by crossing several basic populations from different breeds, including Large White, Landrace, Hampshire, Berkshire, Mangalica, Asian pigs, and eventually the population of local subspecies of wild pigs. Although in Ukraine pigs come from imported breeds. This led to the emergence of unique characteristics that are specific to modern breeds and hybrid pigs, through intensive methods of selection work. The uniqueness is that modern pig populations differ from the “founding breed”, however, they are carriers of the haplotype of the maternal type of inheritance. The question is that today there is not enough literature on the breeds of pigs kept and bred in Ukraine. It is possible that these breeds represent unique genetic resources for local commercial pig lines. With this in mind, the purpose of our research was to determine, whether the process of creating specialized maternal lines in modern transboundary breeds leads to reduce haplotype diversity.

## The Purpose of the Study

The purpose of the study was to determine whether the process of creating specialized maternal lines in modern transboundary breeds leads to a decrease in haplotype diversity among the studied sample of hybrid gilts (Large White × Landrace), (Landrace × Large White) from the “Globinsky Pig Complex” SPE LLC and breeding sows of the Large White breed from the “DG named after January 9<sup>th</sup>” SE using polymorphism of the lengths of the mtDNA restricted fragments.

## Materials and Methods

The research was carried out in the conditions of the genetics laboratory of the Institute of Pig Breeding and Agricultural Production NAAS. To extract the D-loop of the mitochondrial genome of hybrid pigs (n=37) from the epithelial tissue of the auricle was used set *DNA-sorb-B nucleic acid extraction kit* from the “InterLabService-Ukraine” LLC. Samples of epithelial tissue from the ears of pigs were treated with fire from fuel tablet for 5–7 seconds.

After, the treated samples were crushed with a scalpel in the amount of 0.20 g per 1 sample. After the study, the samples were extracted by the sorbent method.

Samples of biological material — bristles from breeding pigs of the Large White breed (n=7) were investigated in SE “DG named after 9 January IPB and AIP NAAS”. DNA release from bristle samples was carried out using *Chelex-100* ion exchange resin according to the method [6]. If necessary, ready samples of matrix DNA from bristles and epithelial tissue were stored in the freezer at a temperature of –20°C. Genotyping of samples of epithelial tissue and bristles was carried out by PCR analysis with its own selection of thermodynamic characteristics of PCR taking into account the optimal concentration of amplified samples and the length of 2% of the agarose gel to confirm the results of 428 base pairs (table 1, 2).

Aliquot of PCR product (4 µL) was hydrolyzed with *TasI* endonuclease (*Thermo Scientific™*). DNA hydrolysis products were analyzed in 8% polyacrylamide gel in electrophoresis buffer 1×TBE. Enzymatic digestion was performed in a final volume of 10 µL, including 5 µL (~0.1–0.5 µg of DNA) of the PCR product, 0.1 µL of *Tas I* endonuclease (*Thermo Fisher Scientific™*) and 2 µL Buffer 10X, together with nuclease-free water 2.9 to reach final volume 9.9 µL. For electrophoresis in 8% PAAG for accurate separation of fragments of restricted samples, the optimal time and voltage of the electric field were selected. pBR322 DNA/*Msp I* and pUC19 DNA/*MspI* plasmid DNA was used as a molecular weight marker. Visualization of amplification and restraint products was carried out by staining with ethidium bromide and photographing on a transilluminator in ultraviolet light (*MicroDOC Gel Documentation Digital camera with UV Transilluminator, Cleaver Scientific*).

**Table 1.** The scheme of collection of components of PCR mixture with the expectation of 44 samples with a capacity of 0.25 cm<sup>3</sup> test tubes

Date:	2021	25.11.2020 PCR	12.11– 20.12.2021 PCR
Gene	MTH	TH-01	TH-01
Program	T 63°C	7	37
H <sub>2</sub> O	11.0/5.0 µl	77.0 µl	185.0 µl
10x(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2.5/1.25 µl	17.5 µl	46.25 µl
2mmdNTP	2.0/1.25 µl	14.0 µl	46.25 µl
25mmMgCl	2.0/1.0 µl	14.0 µl	37.0 µl
Prim.MITPRO2F	1.0/0.25 µl	7.0 µl	9.25 µl
Prim.MITPROR	1.0/0.25 µl	7.0 µl	9.25 µl
Taq.Polymerases	0.5/0.5 µl	3.5 µl	18.5 µl
DNA	8–12 µl	at 20.0 µl	at 7.5 µl

Note. \* MTH — abbreviated name of reagents for staging PCR mitochondrial DNA of a pig, \*TH-01 — PCR program [Author's development]

**Table 2.** Structure of oligonucleotide primers for amplification of mitochondrial DNA of pigs in PCR

D-loop of mitochondrial DNA	Oligo-nucleotide	Structure	Size
NC_000845.1	MITPRO2F	CATACAAATATGTGACCCCAA	428 bp.
	MITPROR	GTGAGCATGGGCTGATTAGTC	

To determine the susceptibility of each region of the genome to the acquisition of variants normalized the total number of variants to the size (bp) of the D-loop area, as described in methodical recommendations [13].

## Results and Discussion

The maternally inherited mitochondrial genome encodes key proteins of the electron transport chain, that produces the vast majority of cellular ATP. The mitochondrial genome is necessary for the biochemical process of oxidative phosphorylation which generates most of the cellular energy [11]. OXPHOS is carried out in the electron transport chain and is the only cellular apparatus the subunits of which are encoded by the mitochondrial genome [2]. The pig mitochondrial genome has a size of 16,679 base pairs [17]. The total length of the pig's mitochondrial genome (KX094894.1) number is 16,731 base pairs [9]. The mitochondrial genome encodes 13 of the 90 subunits of the electron transport chain, 22 tRNAs and 2 rRNAs, and has one non-coding area of the D-loop which interacts with nuclear-encoded factors that transcribe and replicate mtDNA [16, 20]. The D-loop also has two hypervariable regions that identify maternal ancestry. Over billions of years, various maternal lineages have evolved, and based on their mtDNA sequences they are grouped together in groups known as mtDNA haplotypes. In order to determine the diversity of domesticated pigs in Ukraine was sequenced variable area of D-loop 44 pigs. Identified 5 haplotypes mtDNA (A, C, G, N, O) and 2 (D, K) — unknown among the breeds of domestic pig. The use of markers of mitochondrial DNA allows you to determine how many maternal lines with specific haplotypes participated in the creation of the breed and the formation of its haplogroup. It is also possible to identify wild subspecies of ancestors that were the basis of domestication and subsequently material for breeding work on improving economic qualities and fixing breed-specific features. For example, in this way, it was confirmed that the pigs of the Yorkshire breed of Canada and the United States are direct descendants of the English Large White breed [1]. The Great White Breed of Pigs (Yorkshire) was bred in the eighteenth century by crossing the local Great White Pig of Northern England with smaller ones, fat Chinese Pigs. The Great White Breed was recognized as a breed in 1868 [15]. The Large White breed of pigs is a popular breed in the commercial and breeding market around the world. The Large White breed is known as the “improved Great Yorkshire” in Canada and the United States. The Great White Breed of Pigs is one of the first founding breeds of the National Pig Breeders Association. In the UK, Large White breed pigs are leaders in bacon production. In Canadian breeding, it is the Large White Breed that makes up the bulk and is imported to the United States. “improved Greater Yorkshire” and their descendants form the basis and are found in almost all breeding crossbreeding programs and rotation using

two or more breeds in the hybridization system. Sows of the Large White breed form the basis of female pigs  $F_1$ . Modern breeding selection programs are designed taking into account the selection of individual queen lines to obtain purebred offspring, which differ in indicators: growth rate, % lean meat ratio and are included in terminal boar breeding programs (Maxgro). “Improved Greater Yorkshire” is widely used in intensive pig breeding due to its inherent maternal qualities, fertility, acclimatization, and high-performance signs [7]. In Ukraine, Large White pigs were introduced at the end of the XIX century. At the end of the XX — the beginning of the XXI century, the gene pool of pigs in Ukraine consists almost entirely of imported pigs from the advanced breeding centers of Denmark, France, England, the Netherlands, and Ireland.

It is believed that all descendants come from one high-performance ancestral and repeat its mitochondrial haplotype, this helps to establish the ancestor of all descendants in a number of generations [8]. To provide population evaluation, an effective approach is to study the polymorphism of the mitochondrial genome. Various mitochondrial DNA markers are found in the following breeds of pigs: A (fig. 1, 2).

Breed of pigs Mangalica, a representative of haplotype A, was bred during the Austro-Hungarian Empire, after Archduke Joseph Anton Johann received several Šumadian pigs from the Serbian prince and crossed them with the pigs Bakonyi and Szalontai — (Bakonia × Szalontai) × A Šumadija breed of Serbian origin (1833). Then the breeders made a rush of blood to female pigs of the “curly pig” breed Alföldi and the Croatian Šiška and Sirmien. “Curly pig” Mangalica belongs to the European unimproved breeds of pigs of the sebaceous direction of productivity (Iberian Black, Sicilian Black and Alentejan), which originated directly from populations of Wild pigs. Officially, in Europe, the Mangalica breed was recognized in 1927. In 1927, the National Society of Pig Breeders of Sebaceous Productivity was established to improve the “Mangalicanyésztők Országos Egyesülete” breed. Mangalica “curly pig” was widespread in the Austro-Hungarian Empire in the early XX century. After the Great Patriotic War, their number decreased sharply. Hungary was on the side of the losers in both world wars, and reparations paid in kind also reduced the number of “curly pigs” in the country. After the 1970s, the introduction of new agricultural technologies led to the cessation of Mangalica production. Thus, it was gradually supplanted by other selected fast-growing imported breeds. And the mother nucleus of female pigs Mangalica began to be sharply squeezed out of the commercial market. However, due to valuable characteristics like resilience and excellent adaptability to extreme conditions of detention, maternal qualities, taste properties of meat have been recognized again since 2003.

One of the representatives of haplotype A — Duroc pigs were bred between 1822 and 1877 from pigs “Old Duroc” from New York and Red Jersey pigs “Duroc Jersey” from New Jersey. The Duroc breed has undergone wide exports, mainly to the regions of North and South

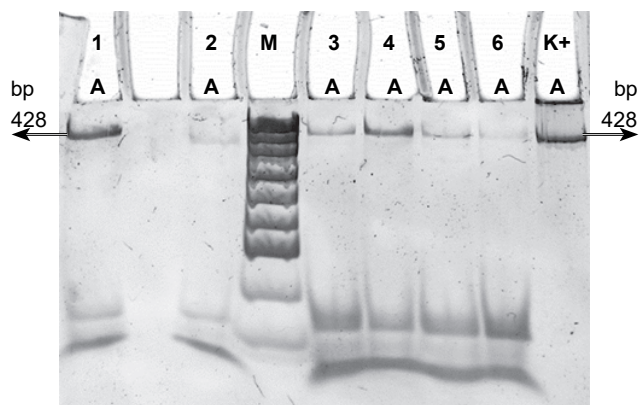


America. It is believed to be one of the sources of red or reddish-brown pigs found in the United States were those that came from the Guinean coast of Africa, pigs similar to those found on the coast of Guinea have been found in every country, where did the first ships engaged in the slave trade go. Reddish-brown “Red Berkshire” line pigs were introduced to the United States and are probably one of the founders of the Duroc breed. “Red Berkshire”, the modern Duroc is used in crossbreeding programs as a terminal boar-producer when crossing with sows (♀ Large White × ♂ Duroc), (1/2♀ Landrace/Large White) × ♂ Duroc. Since, the Large White breed of pigs is a plastic material for breeding development in the intensification of the pig industry, it is advisable to use breeding sows as a maternal base in 3 breed crossed, which ensures the use of two levels of heterosis (♀ Large White × ♂ Landrace) = hybrid sows F1. (♀ F1 × ♂ Duroc), (♀ F1 × ♂ Pietrain) — sows F1, mate with boars of specialized meat breeds or with boars of synthetic line — Maxter, OptiMus, MaxGrow.

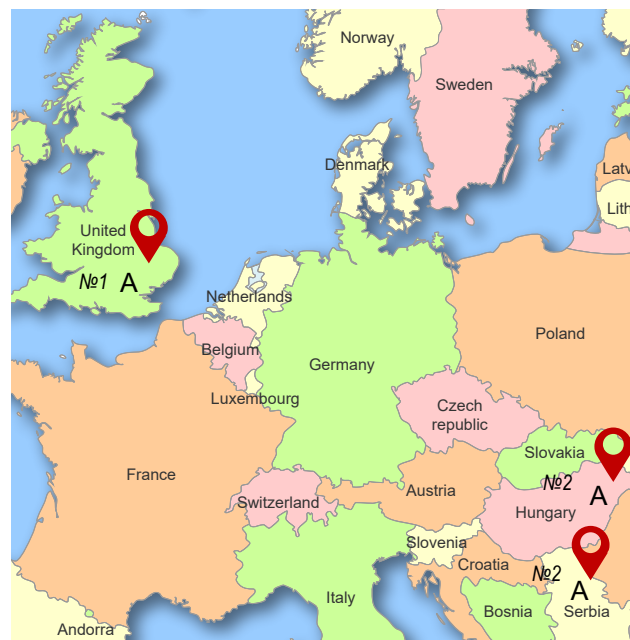
C — Landrace, Hampshire, Wales, wild pig (Ukraine, Poland, France); G — Wales, wild pig (Italy); O — Landrace, wild pig (Sweden, France); N — Large White (Asian type), Berkshire, Asian wild pig (fig. 2, 3).

Representative of haplotype C — Hampshire, according to the American National Pig Registry — it is the fourth “most recorded breed” of pigs in the United States. The Hampshire breed originated from the local breeds of pigs in England, which by habitat were found in northern England and Scotland. Hampshire pigs are an “Aboriginal British” breed, as the original breeding stock in 1832 was imported from Wessex and Great Britain. Mainly the Hampshire breed is valued in the use of a crossover. Since 1890, in the United States, the Hampshire breed has also been called “The Thin Rind”, because, in terms of productivity, Hampshire pigs are characterized by lean meat, a high percentage of meat yield, and less salted. The Hampshire breed has a wide demand in the European market as breeding programs for the production of hybrid pigs in 3–4 generations (Large White × Large White) — (Large White × Landrace) — (1/2 Landrace/Large White × Hampshire). In 1975, the Hampshire breed became the breed champion at the English Royal Exhibition. In the world of commercial pig farming, the Hampshire breed is the best terminal breed as a used in breeding productivity programs on important economic indicators of hybrid pork production.

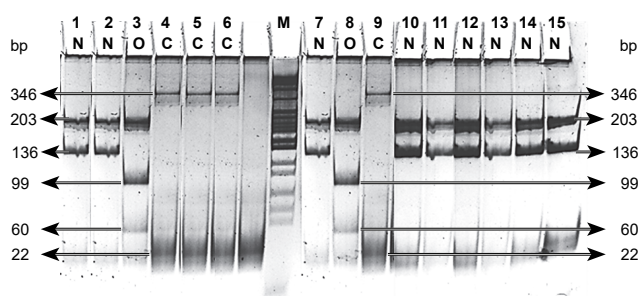
Inherited maternal haplotypes C and O — French Landrace, Danish Landrace, English Landrace, Polish Landrace, and Ukrainian Landrace belong to the breed of pigs from Scandinavia, Denmark, and Sweden. Landrace pigs have been introduced to France since the 1930s. Since then, the French Landrace has been effectively used in breeding. The Landrace is an important parent breed in the European and Ukrainian selection and commercial pig market. Widely used in reciprocal crossbreeding. Landrace pigs belong to any group of standardized breeds of domesticated pigs and hybrid pigs. The name of the breed is due to the fact that the basis of the Danish Landrace breed was made up of specimens of the local



**Fig. 1.** Results of electrophoretic fractionation in 8% PAAG amplified in PCR and hydrolyzed using endonuclease Tas I mitochondrial DNA of pigs of the final hybrid (LW×L). M — molecular weight marker pUC19 DNA/MspI. [Author’s development]

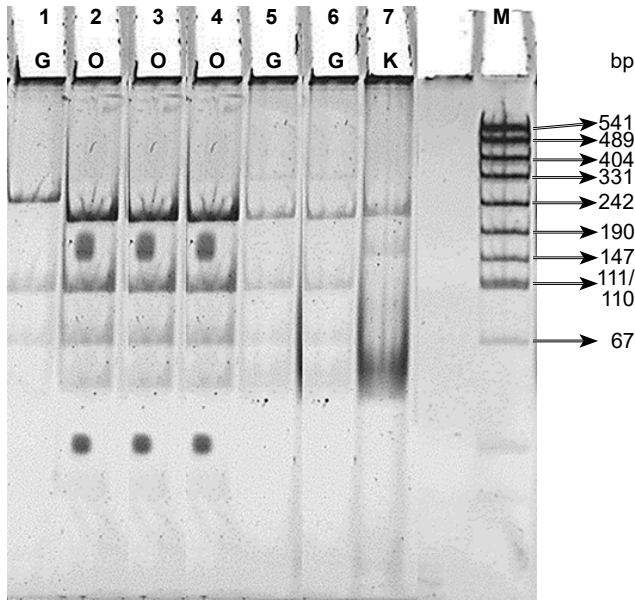


**Fig. 2.** Map showing European continents, place of origin of European wild boar, Duroc (United Kingdom) no. 1 and Mangalica (Serbia, Hungary) no. 2 [Author’s development]



**Fig. 3.** Results of electrophoretic fractionation in 8% PAAG amplified in PCR and hydrolyzed using endonuclease Tas I mitochondrial DNA of pigs of the final hybrid (LW×L). M — molecular weight marker pBR322 DNA/Msp I. [Author’s development]

breed of pigs and a regional autochthonous breed originally from Denmark. The modern Landrace appeared as a result of crossing pigs of the Large White breed from England with a local pig. Thanks in large part to the use of Landrace, Denmark has become a major bacon exporting country and England became the main market.



**Fig. 4.** Results of electrophoretic fractionation in 8% PAAG amplified in PCR and hydrolyzed using endonuclease Tas I mitochondrial DNA of pigs of the final hybrid (LW×L) × Maxgro. M — molecular weight marker pUC19 DNA/Mspl. [Author's development]



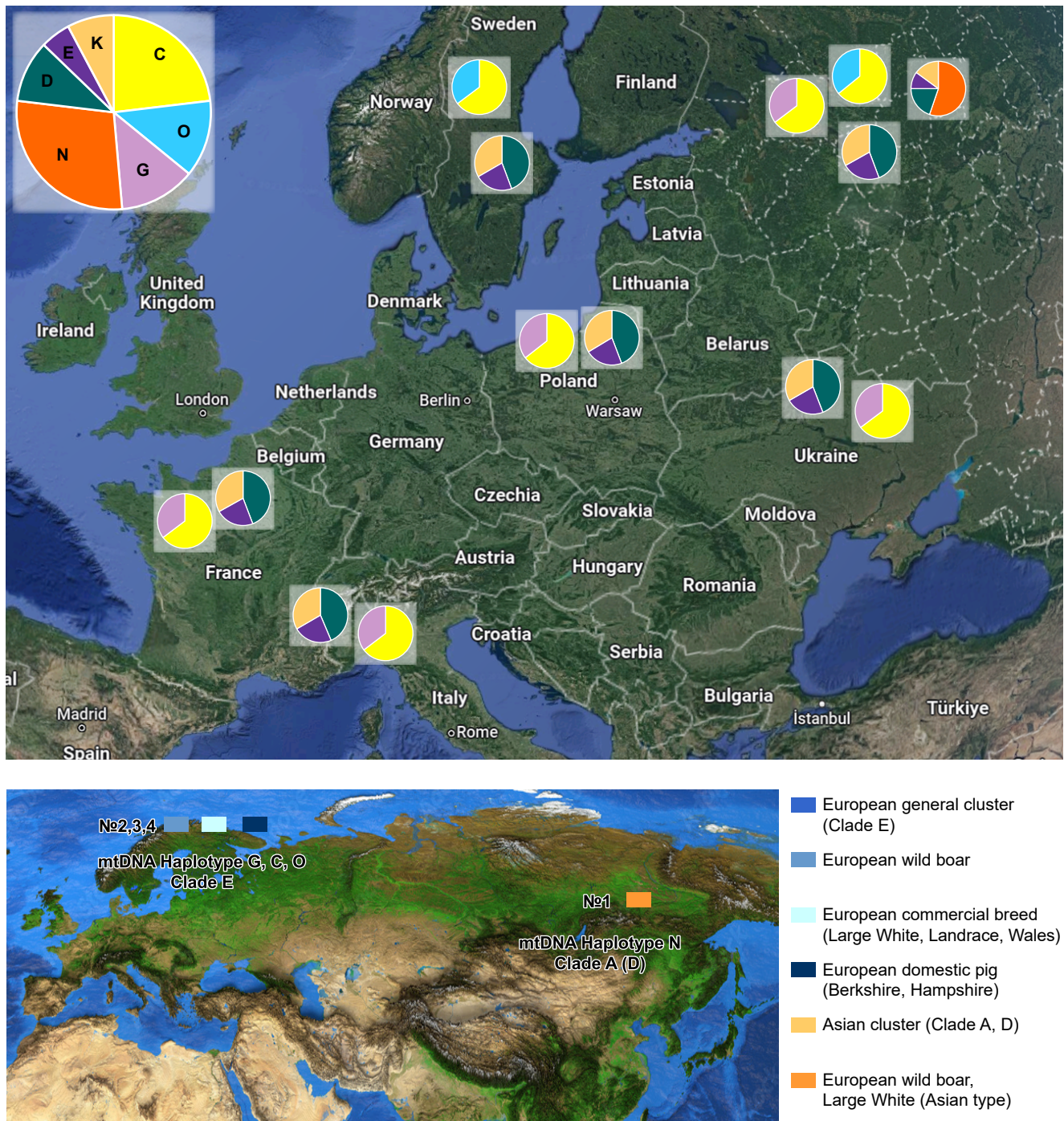
**Fig. 5.** Map showing European continents, place of origin of wild pigs and *S. s. domestica*, as well as the current geographical location of hybrid pigs (Large White × Landrace) × Maxgro. No. 1 C — Landrace, Hampshire, Wales, wild pig (Ukraine, Poland, France); no. 2 G — Wales, wild pig (Italy); no. 3 O — Landrace, wild pig (Sweden, France); no. 4 N — Large White (Asian type), Berkshire, Asian wild pig. [Author's development]

The basis of the American Landrace were those pigs that were bred in pure form or carried a small impurity (one sixteenth to one sixty-fourth) of polish-chinese blood. 38 boars and pigs carrying the blood of Norwegian, Danish and Swedish landraces were imported from Norway. Their blood mixes with U.S. Landraces and gives them a broader genetic base. Polish-Chinese breed of domesticated pigs, first bred in 1816 in the Miami Valley, state Ohio, USA. The basis of the Polish-Chinese pig is made up of breeds — Berkshire and Hampshire. The Polish Landrace was based on an improved white German pig meat type productivity. The breed was modernized using the German and Swedish national breed. The Polish Landrace breed was finally identified and confirmed by a directive of the Ministry of Agriculture in 1962.

Since haplogroup — this is a set of related subclades, which are descended from even more ancient common ancestors. The mt-E and mt-A clades we have defined — it is a collection of carriers of the same SNPs, that is, all carriers, in this case, a population of hybrid gilts and breeding sows descended from one common maternal ancestor. All domesticated pigs are grouped into a single clade D with the inclusion of wild pigs from East Asia. Intra-clades A, mtDNA Asian domesticated pigs were grouped into a single clade D, and wild pigs from the East Asia region were interbred with European domesticated breeds of pigs. Therefore, wild pigs from East Asia and European domesticated breeds (Berkshire) belong to the clade E and A.

One of the representatives of the haplotype inherited from the maternal line — C and G, breed Wales, is the most commercially developed of all traditional breeds. Wales pigs are ideal for intensive pork production systems. Pigs wales have been found in the southern and western counties of the Principality. In the 1870s, Welsh and Shropshire pigs were in demand in the commercial trade in Cheshire. Thus, Wales and Shropshire have undergone migration through the commercial market in connection with the improvement of the productive qualities of local and domesticated pigs of Ukraiand and, Poland. In 1922, the Welsh Pig Society played an important role in increasing and spreading the number of brood stock of pigs, development of commercial characteristics of the Wales breed. In the 1950s, the production of commodity-type pigs was introduced into breeding practice — product lines for maternal and paternal. In this regard, the breed Wales was crossed with the breed Landrace (Wales × Landrace), (Landrace × Wales). As a result, in 1955 the improved Welsh pig was identified in “The Howitt Report” as one of the three main breeds (Yorkshire, British Landrace, Wales) on which modern pig breeding is based. However, the unrelenting desire to intensify and strengthen hybrids in commercial herds has led to a significant reduction in the number of breeds, and now it has become a threatened breed. This led to the decline of many other native breeds, which are known for their characteristics and performance in the counties of East Anglia, in midlands, and Yorkshire. These are good pig-breeding areas of England, where most of England's two dominant breeds are locat-





**Fig. 6.** Clustering of mtDNA haplotypes from the D-loop area of 37 commercially gilts and 7 breeding sows. Map showing Southeast Asia, place of origin of pig (*Sus scrofa*) species, as well as the current geographical distribution of wild and domesticated pigs. We also indicate (geolocation icon) pig domestication centers: no. 1 N — Large White (Asian type), Berkshire, Asian wild pig; no. 2 C — Landrace, Hampshire, Wales, wild pig (Ukraine, Poland, France); no. 3 O — Landrace, wild pig (Sweden, France); no. 4 G — Wales, wild pig (Italy). [Author's development]

ed — Large White and British Landrace. Commercial producers have used Welsh pigs as a White breed in cross-breeding programs (as nuclei on the maternal and paternal lines). Since the Breed Wales does not have a close relationship with the most famous breeds large White and British Landrace. Increased demand for pork and bacon during the First World War, when imports were restricted to Canada and the United States, led to the creation of the first hog breeding society in Wales. Old Glamorgan Pig Society was founded in 1918. The first volume of the stud

book was published in 1919. Pigs of this type were also bred in Cardigan, Pembroke, and Camarten.

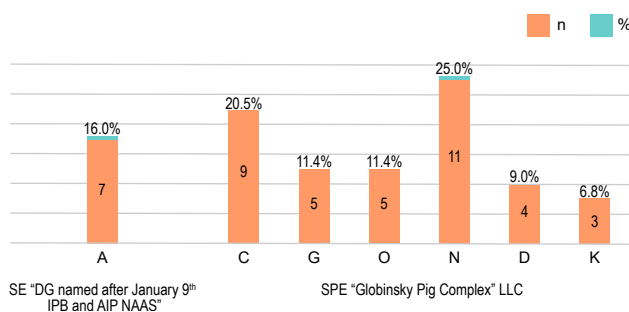
The Berkshire Breed in 1790 in the Thames Valley, near Vantigieg. Characterized as a large black, red pig. Lord Barrington was thought to be largely responsible for improving the breed in 1825, when Chinese or East Asian blood was introduced into the breed. In the XIX century, the breed became very popular, enjoying the patronage of the aristocracy, including Queen Victoria. In 1823, the first Berkshire company was exported to the United States.

**Table 3.** The concentration of mitochondrial haplotypes identified among the sample of pigs studied

Reference sequence (Accession: AJ002189.1) position				
Haplo- types	Group	Population details	Base pairs	%
SE "DG named after January 9 <sup>th</sup> IPB and AIP NAAS"				
A	European commercial	wild pig, Mangalica, Duroc, Large White	406/22	16
SPE "Globinsky Pig Complex" LLC				
C	European wild / commercial	Wild boar, Landrace, Hampshire, Wales	346/60/22	20.5
G	European wild / commercial	Wild boar, Wales	247/99/60/22	11.4
O	European wild / commercial	Wild boar, Landrace	203/99/60/44/22	11.4
N	Asian wild / commercial and European wild / commercial	Wild boar, Large White, Hampshire	203/133/44/23/22	25
D	undetected among pigs of domestic breeds		346/37/23/22	9
K			203/159/44/22	6.8

[Author's development]

Over the past 17 years of the XIX century, the breed has produced 12 Smithfield champions, including pigs exhibited by members of the Royal Family. In the 1900s, the reduction in the Berkshire pig population led to the almost extinction of the breed in this country. However, with the introduction of new blood from Australia, New Zealand, and the United States, the breed has made great strides in recent years both in quantitative terms and as a carcass. As a hybrid breed, Berkshire is suitable for any breeding program, regardless of whether he is used as a father or mother. When crossing with a white breed, the resulting offspring will be white and inherit natural resources strong physique of Berkshires, and the ability to withstand extreme temperatures, as well as the easy level of feeding characteristic of this breed. Berkshire's herd is also in demand overseas, especially in Japan where the breed is very popular and sold as black pork at a higher price. Japanese shoppers still believe Berkshire from the UK has the



**Fig. 7.** Concentration of mitochondrial haplotypes in the study population of pigs SE "DG named after January 9<sup>th</sup> IPB and AIP NAAS" (n=7) and SPE "Globinsky Pig Complex" LLC (n=37) [Author's development]

best taste and aroma. Today, paternal lines are available to breeders (Orlando, Namatjira, Ambassador) and maternal lines (Suzanne, Mermaid, Farewell, Lady, Excelsa) [10].

Identification of alleles C, G, O, and N which have led subspecies of wild pigs to transformation, behavioral and physiological through artificial selection, represents the challenge we face from an interdisciplinary perspective in studying the process of domestication of wild and domesticated pigs. There is a general consensus that the Eurasian wild boar (*S. scrofa*) and other sister species, such as *S. celebensis* (Celebes warty pig), *S. verrucosus* (Java warty pig), *S. sebiferous* (Visayan warty pig), *S. philippensis* (Philippine warty pig) and *S. barbatus* (Bornean bearded pig), emerged in Southeast Asia in the early Pliocene, approximately 5.3–3.5 Myr ago [14]. We found that the Eurasian region of Eastern Europe was one of the key areas of pig domestication. Subspecies of wild pigs from Eurasia have a maternal line with modern domesticated pigs. Asian haplotype N demonstrates maternal genetic continuity dating back to the early Neolithic. Behind the emergence of agricultural societies in the Middle East for at least 12,500 years to date, the resettlement of farmers in the continents of Europe has followed. European domestic pigs dating from 7100 to 6000 years back, were of both Middle Eastern and European descent. Traditional methods of distinguishing between wild and domestic pigs are based on the study of the demographic profile. One possible mechanism explaining the apparent discrepancy between genotype and phenotype is the gene flow of indigenous European wild pigs into an introduced domesticated population. Domestic pigs have probably always interacted and interbred with wild populations, and this process is assumed wherever *S. s. domestica* appears [3].

Phylogenetic reconstruction of mitochondrial genome data from hybrid pigs reflects a distinct geographic division of mtDNA data — Eastern Europe and Asia. In particular, subspecies of European and Asian wild pigs are the pro-parent basis on the maternal line, which preceded the domestication and breeding of hybrid pigs by hybridization. European and Asian haplotypes of wild pigs showed, that wild pigs from regions such as Italy, Poland, France, Scandinavia, and Ukraine have also been or domesticated, or at least originally incorporated into domesticated livestock.

Carriers of the haplotype C, O, G, and N — represent the basis on the maternal line breeding and improving hybrid lines of pigs of the XXI century. It is necessary to take into account the fact that the purebred mother nucleus (Wild pig, Yorkshire, Landrace, Wales, Mangalica, Berkshire, and Hampshire) is a truly pure foundation for use in hybridization schemes, crossing over in the formation and development of modern hybrid lines of pigs.

Among the samples of breeding pigs of Large White breed from SE "DG named after January 9<sup>th</sup> IPB and AIP NAAS" mitochondrial DNA marker (haplotype) has been identified: A — wild pig of France, Mangalica, Duroc (n=7) 16%. The presence of haplotype A in the studied sample of pigs of the Large White breed indicates the presence



of crossbred pigs on the maternal line in a number of generations. This is due to the duration of breeding and selection from the beginning of the domestication process. The presence of haplotype A in the studied sample of pigs of the Large White breed indicates the presence of local pigs on the maternal line in a number of generations. This is due to the duration of breeding and selection from the beginning of the domestication process.

Among the samples of hybrid pigs (Large White × Landrace), (Landrace × Large White) the following haplotypes are installed: C (n=9) — Landrace, Hampshire, Wales, wild pig (20.5%); G — (n=5) Wales, wild pig (11.4%); O (n=5) — Landrace, wild pig (11.4%); N (n=11) — Large White, Berkshire, Asian wild pig (25%) (table 3, fig. 7).

In previous studies, among pigs of the large white breed of Ukraine, mitochondrial haplotypes were also found, with a frequency of N (5.91%); G (14.1%), C (9.2%), A (0.3%) [13]. Thus, studies have shown that mitochondrial haplotypes C, G, O, and N are defined in the hybrid sample SPE “Globinsky Pig Complex” LLC and breeding pigs of Large White breed SE “DG named after January 9<sup>th</sup> IPB and AIP NAAS” characteristic of pigs of large white breed of Ukraine. Haplotypes D 9%, K 6.8% (n=7) indicate that among the large white breed of pigs in Ukraine, haplotypes of local pigs have been preserved, which are extremely difficult to establish. These results indicate that different breeding schemes were used for different breeds even for breeds of close geographical origin. In general, the analysis shows that most breeds of pigs from Ukraine mainly have a European origin and contain different fractions of the ancestors of the Large White, Landrace, Duroc, and Hampshire. Nevertheless, it is possible that Asian pigs were directly involved in the creation of or subsequent crossing with local breeds from Ukraine.

## Conclusions

1. PCR analysis of polymorphism of the D-loop area of mitochondrial DNA in a sample of breeding pigs of Large White breed in SE “DG named after January 9<sup>th</sup> IPB and AIP NAAS” 1 mitochondrial haplotype A — wild pig of France, Mangalica, Duroc (16%) was identified. The presence of haplotype A in the studied sample of pigs of the Large White breed indicates the presence of crossbred pigs on the maternal line in a number of generations.

2. Since, the Large White breed of pigs is a plastic material for breeding development in the intensification of the pig industry, it is advisable to use breeding sows from SE “DG named after January 9<sup>th</sup> IPB and AIP NAAS” as a maternal base in 3 breed crossed, which ensures the use of two levels of heterosis (♀Large White × ♂ Landrace) = hybrid sows F<sub>1</sub> (♀F<sub>1</sub> × ♂ Duroc), (♀F<sub>1</sub> × ♂ Pietrain) — sows F<sub>1</sub> mate with boars of specialized meat breeds or with boars of synthetic line — Maxter, OptiMus, MaxGrow.

3. In a sample of hybrid pigs SPE “Globinsky Pig Complex” LLC identified 4 haplotypes characteristic of

(Large White × Landrace), (Landrace × Large White). Haplotype C — Landrace, Hampshire, Wales, wild pig (Ukraine, Poland) 20.5%; G — Wales, wild pig (Italy) 11.4%; O — Landrace, wild pig (Sweden) 11.4%; N — Large White (Asian type), Berkshire, Asian wild pig 25%.

4. The sample of hybrid pigs also has haplotypes: D 9%, K 6.8% — undetected among pigs of domestic breeds. This is due to the crossbreeding of pigs in a number of generations.

5. Since the mitochondrial genome is usually inherited only through the maternal line, the genetic diversity of mtDNA subspecies of wild and domesticated pigs, are likely to be limited to existing lines. Therefore, one haplotype of mitochondrial genomic indicates a specific breed, this indicates that several breeds have the same haplotype mtDNA — C and O. It is determined that wild pigs from East Asia and European domesticated pig breeds belong to the clade E and A.

6. Asia is the largest source of genetic variation of *S. scrofa* according to its geographical origin. The higher variability of European commercial pigs compared to European wild boars is largely due to the introgression of Asian haplotypes not a mixture of European origin.

7. It was found that in Europe the domestication of pigs represented a continuous process of domestication and hybridization, which led to the development of lines of hybrid pigs observed today.

8. These results confirm that Asian hybridization, which was used to improve the productive qualities of local breeds, left its mark on the genome of the commercial pigs we operate today.

9. Modern breeds themselves are not native breeds, because they are formal breeds, which are maintained by selective breeding rather than natural selection.

## Prospects for Further Research

Due to the fact that the process of domestication leads to important modifications of phenotypic variability domesticated populations through artificial selection are compared to wild pig populations. Our task is to continue research to find out, whether domestication focused on the selection of new or permanent mutations, affecting several or many loci in hybrid pig lineage populations.

## Acknowledgments

The scientific research was carried out thanks to the support of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, DR No. 0121U109838.

1. Amer P, Allain D, Stalder K, Avendano S, Baselga M, Boettcher P, Dürr J, Garreau H, Gootwine E, Gutierrez G, Knap P, Manfredi E, Olori V, Preisinger R, Serradilla JM, Piles M, Santos B, Stalder K. *Breeding strategies and programmes*. Animal Science White Papers, Technical Reports and Fact Sheets. 2015; 6: 449–495. Available at: <https://dr.lib.iastate.edu/entities/publication/1eb0369c-b4c9-4b4c-a9bb-12cc206f10bd>



- Anderson S, Bankier AT, Barrell BG, de Bruijn MHL, Coulson AR, Drouin J, Eperon IC, Nierlich DP, Roe BA, Sanger F, Schreier PH, Smith AJH, Staden R, Young IG. Sequence and organization of the human mitochondrial genome. *Nature*. 1981; 290: 457–465. DOI: 10.1038/290457a0.
- Bosse M, Madsen O, Megens HJ, Frantz LAF, Paudel Y, Crooijmans RPMA, Groenen MAM. Hybrid origin of European commercial pigs examined by an in-depth haplotype analysis on chromosome 1. *Front. Genet.* 2015; 5: 442. DOI: 10.3389/fgene.2014.00442.
- Choi SK, Kim KS, Ranyu M, Babaev E, Voloshina I, Bayaralkhagva D, Chong JR, Ishiguro N, Yu L, Min MS, Lee H, Markov N. Asia-wide phylogeography of wild boar (*Sus scrofa*) based on mitochondrial DNA and Y-chromosome: Revising the migration routes of wild boar in Asia. *PLoS One*. 2020; 15 (8). DOI: 10.1371/journal.pone.0238049.
- Frantz LAF, Bradley DG, Larson G, Orlando L. Animal domestication in the era of ancient genomics. *Nat. Rev. Gen.* 2020; 21: 449–460. DOI: 10.1038/s41576-020-0225-0.
- Korinnyi SM, Pochernyaev KF, Balatsky VM. Animal hair as a convenient object of DNA excretion for analysis using PCR. *Vet. Biotechnol.* 2005; (7): 80–83. (in Ukrainian)
- Large White Pig Breed Facts and Characteristics. *Agriculture and livestock guide*. 2021. Available at: <https://putakputak.com/livestock/swine/large-white-pig-breed-facts-and-characteristics>
- Lomako DM, Pochernyaev KF, Bliznyuchenko AG. Marking of a family of sows by mitochondrial DNA haplotypes. *Bull. Agr. Sci. Black Sea Region*. 2006; 3 (36/2): 71–74. Available at: <https://visnyk.mnau.edu.ua/statti/archive/n35v3r2006t2.pdf> (in Ukrainian)
- Nguyen HD, Bui TA, Nguyen PT, Kim OTP, Vo TTB. The complete mitochondrial genome sequence of the indigenous I pig (*Sus scrofa*) in Vietnam. *As. Australas. J. Anim. Sci.* 2017; 30 (7): 930–937. DOI: 10.5713/ajas.16.0608.
- Pedigree Berkshire Pigs. Little Morton Farm. Available at: <https://www.littlemortonfarm.co.uk/the-farm/agrifence-electric-fencing>
- Pfeiffer T, Schuster S, Bonhoeffer S. Cooperation and competition in the evolution of ATP-producing pathways. *Sci.* 2001; 292 (5216): 504–507. DOI: 10.1126/science.1058079.
- Pochernyaev KF. Genetic structure of Ukrainian Large White pigs, estimated using mitochondrial DNA-markers. *Agri. Sci. Pract.* 2016; 3 (1): 61–65. DOI: 10.15407/agrisp3.01.061.
- Pochernyaev KF, Berezovsky MD. *The use of mitochondrial DNA markers to control the authenticity of origin of genealogical structures of sows*. Methodical recommendations. 2014: 24–27. (in Ukrainian)
- Ramos-Onsins SE, Burgos-Paz W, Manunza A, Amills M. Mining the pig genome to investigate the domestication process. *Heredity*. 2014; 113: 471–484. DOI: 10.1038/hdy.2014.68.
- Taylor G, Roese G, Hermes S. Breeds of pigs — Large White. *Primefact*. 2005; 62. Available at: [https://www.dpi.nsw.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/45566/Breeds\\_of\\_pigs\\_-\\_Large\\_White\\_-\\_Primefact\\_62-final.pdf](https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0008/45566/Breeds_of_pigs_-_Large_White_-_Primefact_62-final.pdf)
- Tsai TS, Rajasekar S, St. John JC. The relationship between mitochondrial DNA haplotype and the reproductive capacity of domestic pigs (*Sus scrofa domestica*). *BMC Genet.* 2016; 17: 67. DOI: 10.1186/s12863-016-0375-4.
- Ursing BM, Arnason U. The complete mitochondrial DNA sequence of the pig (*Sus scrofa*). *J. Mol. Evol.* 1998; 47: 302–306. DOI: 10.1007/PL00006388.
- Voloshchuk VM, Pochernyaev KF. On the issue of genetic examination of the origin of animals. Breeding, genetic and biotechnological methods of improving and preserving the gene pool of breeds of farm animals. *IABG M. V. Zubets NAAS*. 2018; 4: 676–686. (in Ukrainian)
- Xiang H, Gao J, Cai D, Luo Y, Yu B, Liu L, Liu R, Zhou H, Chen X, Dun W, Wang X, Hofreiter M, Zhao X. Origin and dispersal of early domestic pigs in northern China. *Sci. Rep.* 2017; 7: 5602. DOI: 10.1038/s41598-017-06056-8.
- Yeung KY, Dickinson A, Donoghue JF, Polekhina G, White SJ, Grammatopoulos DK, McKenzie M, Johns TG, St. John JC. The identification of mitochondrial DNA variants in glioblastoma multiforme. *Acta Neuropathol. Commun.* 2014; 2: 1. DOI: 10.1186/2051-5960-2-1.
- Zeder MA. Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact. *PNAS*. 2008; 105 (33): 11597–11604. DOI: 10.1073/pnas.0801317105.
- Zhang M, Liu Y, Li Z, Lü P, Gardner JD, Ye M, Wang J, Yang M, Shao J, Wang W, Dai Q, Cao P, Yang R, Liu F, Feng X, Zhang L, Li E, Shi Y, Chen Z, Zhu S, Zhai W, Deng T, Duan Z, Bennett EA, Hu S, Fu Q. Ancient DNA reveals the maternal genetic history of East Asian domestic pigs. *J. Genet. Genom.* 2021; 49 (6): 537–546. DOI: 10.1016/j.jgg.2021.11.014.

## Генетичне різноманіття сучасних ліній гібридних свиней на основі варіацій послідовності мітохондріальної ДНК

Є. О. Будаква<sup>1</sup>, К. Ф. Почерняєв<sup>1</sup>, С. М. Корінний<sup>2</sup>, М. Г. Повод<sup>3</sup>  
budakvayelyzaveta@gmail.com

<sup>1</sup>Інститут свинарства і АПВ НААН,  
вул. Шведська Могила 1, м. Полтава, 36013, Україна

<sup>2</sup>Полтавський державний аграрний університет,  
вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна

<sup>3</sup>Сумський національний аграрний університет,  
вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна

Оцінено генетичну специфічність гаплотипів популяції гібридних свинок (велика біла × ландрас), (ландрас × велика біла) від ТОВ НВП «Глобинський свинокомплекс» та племінних свиноматок великої білої породи від ДП «ДГ імені 9 Січня» з використанням поліморфізму довжин рестриктивних фрагментів мтДНК. Метою дослідження було визначити, чи призводить процес створення спеціалізованих материнських ліній в сучасних транскордонних прородах до зменшення гаплотипового різноманіття. Як генетичний матеріал використовували щетину від свиноматок породи велика біла (n=7) та епітеліальну тканину свинок (велика біла × ландрас), (ландрас × велика біла) — (n=37). Виділення ДНК зі зразків щетини проводили з використанням іонообмінної смоли «Челекс-100». Для дослідження D-петлі мітохондріального геному гібридних свиней (n=37) з епітеліальної тканини вушної раковини використовували набір ДНК-сорб-В для екстракції нуклеїнових кислот від ТОВ «ІнтерЛабСервіс-Україна». Зразки епітеліальної тканини вух свиней обробляли вогнем від «сухого спирту». Для аналізу мітохондріального геному використовували метод поліморфізму довжин рестриктивних фрагментів, ампліфікованих за допомогою ПЛР. Генотипування зразків ДНК дослідних свиней за мітохондріальними ДНК-маркерами було здійснено із залученням полісайтового способу згідно з методичними рекомендаціями К. Ф. Почерняєва, М. Д. Березовського (2014). Використання маркерів материнського типу успадкування (мтДНК) дозволило визначити дві материнські лінії з певними гаплотипами, котрі брали участь у створенні гібридних свиней та формуванні їхньої гаплогрупи. Генетична різно-

манітність мтДНК підвидів диких і одомашнених свиней обмежена наявними лініями. Тому один гаплотип мітохондріального геному вказує не на конкретну породу, оскільки кілька порід мають однаковий гаплотип мтДНК — А, G, C, N і O. Визначено концентрацію гаплотипів у племінних свиноматок великої білої породи — гаплотип А з частотою (16%). У гібридних свинок (велика біла × ландрас), (ландрас × велика біла) концентрація виявлених гаплотипів становить: С (n=9) — ландрас, гемпшир, вельс, дика свиня (20,5%); G — (n=5) вельс, дика свиня (11,4%); О (n=5) — ландрас, дика свиня (11,4%); N (n=11) — велика біла, беркширська, азійська дика свиня (25%). Визначені гаплотипи D 9%, K 6,8% (n=7) не були знайдені серед порід свині свійської. Ми припускаємо, що свині великої білої породи з гаплотипом А та гібридні свині (велика біла × ландрас), (ландрас × велика біла) з гаплотипом G, O, N, зокрема D, K містять аборигенні генетичні ресурси. Однак у середині ХХ ст. підвиди диких і одомашнених порід свиней стали малопопуляційними через зменшення площі вирощування і посилення тиску з боку іноземних порід з високою швидкістю росту та селекційними ознаками. Це свідчить про те, що дослідження варто зосередити на класифікації та ідентифікації філогенетичного походження свиней і створенні молекулярно-генетичного банку ДНК кнурів-виробників для природоохоронної діяльності. Процес одомашнення чинить сильний селективний тиск на види *Sus scrofa* через такі генетичні процеси, як інбридинг, генетичний дрейф, природний і штучний відбір за бажаними ознаками. За останні 9–10 тис. рр. втручання людини призвело до появи одомашнених видів, які морфологічно, поведінково та генетично відрізняються від своїх предків-співродичів. Ми вважаємо, що «гібридний» підвид диких свиней з деякими морфологічними особливостями одомашненої свині мав вищу частку повногеномних предків домашньої свині порівняно з морфологічно чистими підвидами диких свиней. Тварини з гаплотипами D, K є результатом гібридизації з європейськими свинями. З часом це призвело до майже повного зникнення первинних близькосхідних предків у ядерних геномах європейських одомашнених свиней. Представники гаплотипів А (велика біла, дюрорк європейського типу, мангалицька); G (вельс, дика свиня — Італія); С (ландрас, вельс, гемпшир, дика свиня — Україна, Польща, Франція); О (ландрас, дика свиня — Швеція) згруповані до Європейського кластеру гаплогрупи «mt-E». Свині з гаплотипом N — велика біла (азійський тип), беркшир, дика свиня — належать до Азійського кластеру гаплогрупи «mt-A». Філогенетична реконструкція даних мітохондріального геному від гібридних свиней відображає чіткий географічний поділ даних мтДНК — Східна Європа та Азія. Зокрема, підвиди європейських та азійських диких свиней є пребатьківською основою за материнською лінією, яка передувала одомашненню і виведенню гібридних свиней методом гібридизації. Європейські та азійські гаплотипи диких свиней продемонстрували, що дикі свині з таких регіонів, як Італія, Польща, Франція, Скандинавія та Україна, також були або одомашнені, або принаймні спочатку зараховані до одомашнених свиней. Результати вивчення мітохондріального геному *S. s. domestica* показали внутрішньопородне генетичне різноманіття гібридних свинок. Це пов'язане із селекційною стратегією міжнародних генетичних центрів, де, попри консолідацію генетичної структури всередині центру, забезпечують значне загальне генетичне різноманіття породи. Окрім вищесказаного, отримані результати свідчать про зв'язок частотного розподілення гаплотипів мтДНК з адаптацією до різних кліматичних умов. Загалом представлені результати є стимулом для продовження досліджень з вивчення мітохондріального геному сучасних ліній гібридних свиней. Носії гаплотипу С, О, G, і N є основою за материнською лінією розведення і поліпшення ліній гібридних свиней ХХІ ст. Необхідно враховувати той факт, що найчистіші материнські ядра (дика свиня, великий йоркшир, ландрас) є справді чистим фундаментом для використання в гібридизаційних схемах, кросинговері, в утворенні і розвитку сучасних гібридних ліній свиней. Незважаючи на це, різноманітність мітохондріального геному у популяції транскордонних порід зберігається.

**Ключові слова:** походження, мтДНК, гаплотип, гаплогрупа, клада, кластер, племінні свиноматки великої білої породи, гібридні свинки (велика біла × ландрас), (ландрас × велика біла), ПЛР-ПДРФ аналіз



## Створення комбінованих стабілізуючих композицій для збереження активності гонадотропінів у рідкій формі препарату

О. В. Штапенко<sup>1</sup>, І. І. Гевкан<sup>1</sup>, В. Я. Сирватка<sup>2</sup>, О. Ю. Сливчук<sup>1</sup>,  
О. О. Корбецька<sup>1</sup>, С. Б. Корнят<sup>1</sup>, І. М. Яремчук<sup>1</sup>

shtapenko31@gmail.com

<sup>1</sup>Інститут біології тварин НААН,  
вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна, inenbiol@mail.lviv.ua

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

Активність розчинених ферментних препаратів протягом зберігання зменшується, що призводить до втрати їхньої біологічної активності, а отже, знижується ефективність дії препарату за їх використання. Тому розробки композицій, здатних підтримувати високу активність гормону у розчиненому виді впродовж тривалого зберігання, є актуальними. Результати досліджень показали, що застосування цукрози як стабілізуючого компонента для збереження активності гонадотропіну є ефективним. Встановлено, що впродовж восьми тижнів зберігання кращі результати на збереження активності гонадотропіну при зберіганні за температури 40°C отримано у зразках з вмістом 75 мг/мл цукрози порівняно зі зразком контрольної групи. Проте найвищу активність гонадотропіну виявлено за використання як стабілізаторів 10 мг/мл L-лізину та 75 мг/мл цукрози. Вивчення динаміки активності гонадотропіну впродовж тривалого зберігання за температури 18–20°C показали, що додавання L-лізину та цукрози як стабілізуючих речовин у формі ліпосомальної емульсії на 11,4% підвищує збереження активності хоріонічного гормону впродовж 2 тижнів зберігання, порівняно з аналогічною за складом фармакологічною композицією препарату у водній формі.

**Ключові слова:** хоріонічний гормон людини, активність, стабілізація, цукроза, манітол, лізин

Гонадотропіни представлені групою структурно пов'язаних глікопротеїнових гормонів. До гонадотропіних гормонів належать фолікулоstimулюючий (ФСГ), лютеїнізуючий (ЛГ) та тиреотропний гормони гіпофіза, а також гормон плаценти — хоріонічний гонадотропін (ХГ). Хоріонічний гонадотропін людини (ХГл) — плацентарний глікопротеїновий гормон, який діє через зв'язування з рецептором, зв'язаним з G-білком, що призводить до збільшення активності аденілатциклази [8].

ХГл — димер, який складається з двох зв'язаних між собою нековалентним зв'язком субодиниць  $\alpha$  і  $\beta$ , кожна з яких кодується окремим геном, розміщених в 7 і 19-ій хромосомах відповідно. [6]. Біологічна активність залежить від зв'язку цих субодиниць. Обидві субодиниці є глікозилітованими і глікозилування під час біосинтезу є необхідним для правильної побудови кожної субодиниці. Обидві вони мають декілька дисульфідних мостиків, а кристалічні структури ХГл і люд-

ського ФСГ показують, що три із дисульфідних мостиків обидвох субодиниць утворюють цистеїнові вузли. Альфа-субодиниця ХГл ідентична  $\alpha$ -субодиниці гомологічних гіпофізарних гормонів (ЛГ, ФСГ, ТТГ) і містить 92 амінокислотні залишки [2, 3]. Бета-субодиниця ХГл визначає біологічну специфічність та виконує особливі біологічні функції. Вона складається з 145 амінокислотних залишків, на 80% близька за структурою до  $\beta$ -субодиниці лютеїнізуючого гормону, однак відрізняється подовженням С-кінцевої ділянки на 24 амінокислотних залишки [12]. Біля 30% молекулярної маси ХГл становлять вуглеводні залишки — переважно аспарагіну (N-глікозидний зв'язок) та серину (O-глікозидні зв'язки), які є необхідними для з'єднання субодиниць гормону, підтримки функціональної конформації поліпептидного ланцюга [2, 3, 5, 7, 11].

Очищені гонадотропіни отримують в сухій формі за допомогою ліофілізації. Вони є стабільними за зберігання, проте під час процесу ліофілізації протеї-

ни схильні зазнавати значних денатураційних змін і втрачати свою біологічну активність. Крім того, перед використанням гонадотропінів у ліофілізованому вигляді необхідно відновити розчинність глікопротеїну. Проте тривалість активності гонадотропіну в розчинених препаратах дуже коротка — від кількох десятків хвилин до кількох годин, і розчинення препаратів створює незручності, бо вимагає затрат часу та обережності. Водночас ліофілізація є дорогим і трудомістким етапом в процесі одержання гонадотропінів. Тому розробки композицій, які можуть підтримувати високу активність гормону у розчиненому виді впродовж тривалого зберігання без ліофілізації, є актуальними, бо це здешевить препаратів гонадотропінів та усуне недоліки їх застосування. Однак неможливо передбачити один стандартний рецепт для всіх білків, і вибір найкращого компонентного складу вимагає значної роботи з підбору стабілізаторів. Метою роботи було дослідження динаміки активності ХГл у розчиненому стані за додавання цукрів, амінокислот та їхніх композицій впродовж восьми тижнів зберігання.

## Матеріали та методи

Хоріонічний гонадотропін людини (ХГл) було отримано в Інституті біології тварин НААН з сечі вагітних жінок (12–14 тижнів вагітності). Для оцінки впливу стабілізатора на стабільність активності гонадотропінів виготовлено зразки хоріонічного гормону людини з початковою концентрацією 2,500 мМО/мл. Як стабілізатор використовували лізин (0,2 та 10 мг/мл), цукрозу і манітол (25, 50 та 75 мг/мл). Досліджувані зразки розфасовували у пеніцилінові флакони та зберігали за кімнатної температури впродовж восьми тижнів. Через кожні два тижні визначали концентрації загального (ХГл+β-ХГл) та вільного (β-ХГл) імунохемілюнесцентним методом [4]. Активність ХГл визначали за різницею (ХГл+β-ХГл) – (β-ХГл).

Для вивчення динаміки активності гонадотропіну за сумісного використання цукрів та амінокислот, ХГл розводили фосфатно-сольовим буфером рН 7,34 у розрахунку 7000 мМО/мл активності гонадотропіну та додали 10 мг L-лізину і 75 мг цукрози на 1 мл препарату. Для порівняння активності досліджуваних композицій гонадотропіну у водній та ліпосомальній формі зразки дослідної групи вводили у ліпосомальну емульсію. Препарати обох груп зберігали впродовж двох місяців за кімнатної температури 18–20°C.

## Результати й обговорення

Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо впливу лікарської форми на терапевтичну ефективність ліків показав, що оптимальна активність лікарської речовини досягається лише за умови застосування її в раціональній лікарській формі [9].

Тривалий час у розробці та виробництві лікарських засобів основну увагу зосереджували на діючих речовинах, їхніх хімічних та фармакологічних властивостях, тоді як допоміжні речовини вважались індиферентними формоутворювачами. Чисельні експериментальні дослідження комплексу «діюча речовина — допоміжна речовина» встановили здатність допоміжних речовин змінювати характер і силу терапевтичної ефективності активних фармацевтичних інгредієнтів, а, отже, і фармацевтичного препарату загалом [9]. На основі аналізу літературних даних [3, 6, 11] ми запропонували дослідити способи стабілізації гонадотропіну додаванням лізину або/та цукрози як стабілізуючих чинників або як регуляторів тонічності водної композиції.

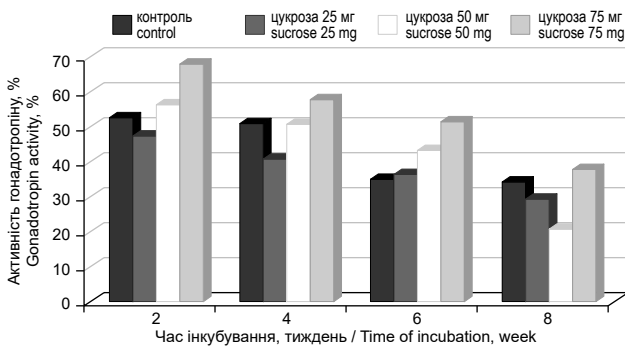
У дослідженні впливу цукрози на стабільність активності гонадотропіну в розчиненому стані встановлено, що впродовж восьми тижнів зберігання кращі результати на збереження активності гонадотропіну при зберіганні за температури 40°C отримано у зразках із вмістом 75 мг/мл цукрози (рис. 1) порівняно зі зразком контрольної групи. Активність розчинного гонадотропіну під впливом вищих концентрацій цукрози (50 та 75 мг) впродовж досліджуваного періоду зберігання була вищою від аналогічних показників контрольної групи і показників за використання цукрози у дозі 25 мг. Водночас за зберігання ХГл у період від 6- до 8-го тижня вищу активність отримано від додавання у зразки 75 мг/мл цукрози порівняно зі зразками, концентрація цукрози в яких складала 50 мг.

Встановлено, що інкубування проб із вмістом манітолу 25 мг призводить до зниження активності ХГл впродовж усього досліджуваного періоду, тоді як вищі концентрації стабілізатора на 2-й і 4-й тижень зберігання вірогідно підвищують активність гормону, однак на 8-й тижень активність гонадотропіну контрольної групи перевищувала показники дослідних груп (рис. 2).

З метою дослідження можливості сумісного використання цукрів та амінокислот на збереження активності ХГл відібрано зразки в тих концентраціях стабілізаторів, які проявляли кращий стабілізуючий ефект. Вищою активність ХГл при зберіганні впродовж 2-х місяців за температури 40°C залишалась у зразках з використанням як стабілізатора 10 мг/мл L-лізину та 50 і 75 мг цукрози порівняно з показниками контрольної групи (рис. 3).

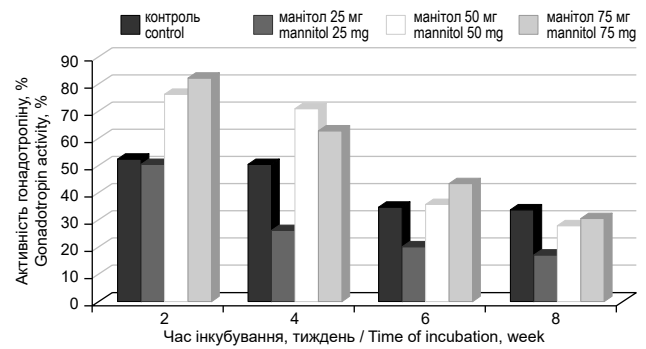
Активність гонадотропіну на 2-й тижень зберігання була у 2,28 та 2,51 раза вищою від контролю за додавання до рецептів дослідних серій зразків 0,25 мг/мл L-гліцину та 50 або 75 мг/мл цукрози відповідно. Впродовж зберігання активність гонадотропіну поступово знижувалася і на 8-ий тижень в 1,72 та 2,77 раза перевищувала відповідний показник контрольної групи.

Отримані нами дані зі стабілізації ХГл підтверджуються дослідженнями інших авторів, які довели доцільність використання метіоніну і гістидину (від



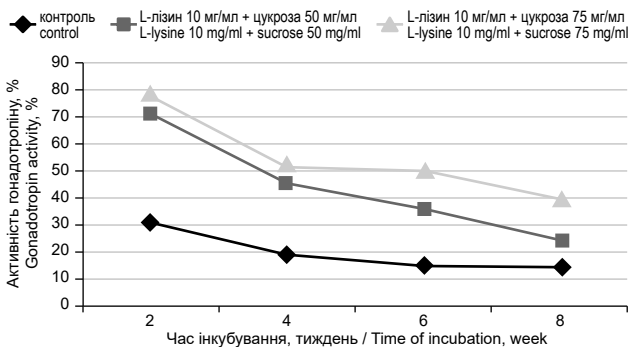
**Рис. 1.** Динаміка активності ХГл при додаванні цукрози до стабілізаційних композицій за умов тривалого зберігання в розчинному стані

**Fig. 1.** Dynamics of hCG activity with addition of sucrose to the stabilizing compositions under conditions of long-term storage in soluble state



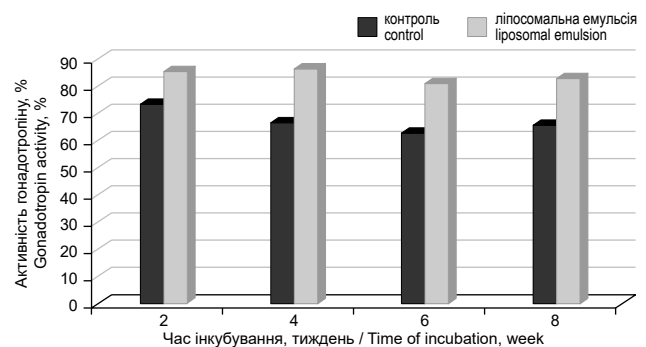
**Рис. 2.** Динаміка активності ХГл за додавання манітолу до стабілізаційних композицій за умов тривалого зберігання в розчинному стані

**Fig. 2.** Dynamics of hCG activity with addition of mannitol to the stabilizing compositions under conditions of long-term storage in soluble state



**Рис. 3.** Динаміка активності гонадотропіну за додавання до розчинника L-лізину і цукрози

**Fig. 3.** Dynamics of gonadotropin activity with addition of L-lysine and sucrose to the solvent



**Рис. 4.** Динаміка активності гонадотропіну за додавання стабілізуючих композицій у формі ліпосомальної емульсії впродовж 2-х місяців зберігання

**Fig. 4.** Dynamics of gonadotropin activity with addition of stabilizing compositions in form of liposomal emulsion during 2 months of storage

0,05 до 10 мг/мл), цукрози, *Tween 80* для стабілізації водної фармацевтичної композиції, котра містить фолікулостимулюючий гормон [1]. У міжнародних патентних заявках WO 2004/037607 описано водні лікарські форми ФСГ, які містять гліцин, метіонін, неіонну поверхнево-активну речовину і фосфатний буфер як стабілізатори [13].

Вивчення динаміки активності гонадотропіну в ліпосомальних препаратах впродовж тривалого зберігання за температури 18–20°C протягом 2 тижнів зберігання показали, що додавання L-лізину та цукрози як стабілізуючих речовин до гонадотропіну у формі ліпосомальної емульсії на 11,4% підвищує збереження активності хоріонічного гормону порівняно з аналогічною за складом фармакологічною композицією препарату у водній формі (контроль) (рис. 4). На 4-й тиждень активність гонадотропіну в контрольних зразках знизилась на 7,2% щодо показника на 2-й тиждень, тоді як в дослідному зразку активність не змінилася. Зберігання препаратів за кімнатної температури впродовж 6-ти і 8-ми тижнів призвело до зниження активності гонадотропіну в обох групах зразків, при цьому активність ХГл у ліпосомальних

препаратах, відповідно, на 18,2 і 17,1% перевищувала показники контрольної групи.

Отже, використання допоміжних багатофункціональних речовин — таких, як цукри і амінокислоти — забезпечує довготривалу стабільність, підвищує терапевтичну дію активного фармацевтичного інгредієнта лікарського препарату, зокрема хоріонічного гонадотропіну людини, і створює передумови для оптимізації технологічного процесу з його використанням у тваринництві для стимуляції зниженої репродуктивної функції у сільськогосподарських тварин.

## Висновки

Доведено стабілізуючу здатність цукрози та L-лізину за їх додавання після розчинення гормону для збереження активності хоріонічного гормону людини та зберігання впродовж двох місяців за температури 40°C. Сумісне додавання 10 мг/см<sup>3</sup> L-лізину та 75 мг/см<sup>3</sup> цукрози забезпечує вищі показники активності гонадотропіну порівняно з контролем та застосуванням інших композицій впродовж всього



терміну досліджень. Додавання до фармакологічних композицій L-лізину та цукрози забезпечує до 82,8% збереження активності хоріонічного гормону у ліпосомальних препаратах впродовж 8-ми тижнів зберігання за температури 18–20°C, що на 17,1% більше порівняно з аналогічним за складом препаратом гонадотропіну у водній формі.

### Перспективи подальших досліджень

За умов значних порушень репродуктивних функцій у високопродуктивних тварин для оптимізації технологічного процесу відтворення молочної худоби відкриваються перспективи нових досліджень зі збереження активності хоріонічного гормону у різних формах препаратів для його використання у тваринництві з метою стимуляції зниженої репродуктивної функції у сільськогосподарських тварин.

1. Agostinetti R, Samaritani F, Del Rio A, Richard J. LH liquid formulations. Patent for invention no. US-8664369-B2 from 04.03.2014. Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US-8664369-B2>
2. Choi J, Smitz J. Luteinizing hormone and human chorionic gonadotropin: distinguishing unique physiologic roles. *Gynecol. Endocrinol.* 2014; 30 (3): 174–181. DOI: 10.3109/09513590.2013.859670.
3. Choi J, Smitz J. Luteinizing hormone and human chorionic gonadotropin: origins of difference. *Mol. Cell Endocrinol.* 2014; 383 (1–2): 203–213. DOI: 10.1016/j.mce.2013.12.009.
4. Chu C, Li L, Li S, Li M, Ge S, Yu J, Yan M, Song X. Fluorescence-based immunoassay for human chorionic gonadotropin based on polyfluorene-coated silica nanoparticles and polyaniline-coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Microchim. Acta.* 2013; 180: 1509–1516. <https://doi.org/10.1007/s00604-013-1067-7>.
5. Fernández-Tejada A, Vadola PA, Danishefsky SJ. Chemical synthesis of the  $\beta$ -subunit of human luteinizing (hLH) and chorionic gonadotropin (hCG) glycoprotein hormones. *J. Am. Chem. Soc.* 2014; 136 (23): 8450–8458. DOI: 10.1021/ja503545r.
6. Fournier T. Human chorionic gonadotropin: Different glycoforms and biological activity depending on its source of production. *Ann. Endocrinol. (Paris).* 2016; 77 (2): 75–81. DOI: 10.1016/j.ando.2016.04.012.
7. Griffin D, Feinn R, Engmann L, Nulsen J, Budinetz T, Benadiva C. Dual trigger with gonadotropin-releasing hormone agonist and standard dose human chorionic gonadotropin to improve oocyte maturity rates. *Fertil. Steril.* 2014; 102 (2): 405–409. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2014.04.028.
8. Lawrenz B, Samir S, Garrido N, Melado L, Engelmann N, Fatemi H. Luteal coasting and individualization of human chorionic gonadotropin dose after gonadotropin-releasing hormone agonist triggering for final oocyte maturation — a retrospective proof-of-concept study. *Front. Endocrinol.* 2018; 9: 33. DOI: 10.3389/fendo.2018.00033.
9. Odintsova V, Bidnenko O. Selection of the excipients to create tablets of adamantane-1-ammonium 2-((5-(adamantane-1-yl)-4-phenyl-4h-1,2,4-triazole-3-yl)thio)acetate by the method of wet granulation. Part 1. *ScienceRise: Pharm. Sci.* 2017; 1 (5): 49–53. DOI: 10.15587/2519-4852.2017.93722.
10. Pertsev I, Dmitrievsky, Rybachuk V. *Excipients in Drug Technology: the impact on technological, consumer, economic characteristics and therapeutic efficacy.* A textbook for students. Kharkiv, Golden Pages, 2010: 600 p. ISBN 978-966-400-178-3. (in Ukrainian)
11. Schanz A, Lukosz M, Hess AP, Baston-Büst DM, Krüssel JS, Heiss C. hCG stimulates angiogenic signals in lymphatic endothelial and circulating angiogenic cells. *J. Reprod. Immunol.* 2015; 110: 102–108. DOI: 10.1016/j.jri.2015.01.011.
12. Slyvchuk Y, Matiukha I, Syrvatka V, Hevkan I, Shtapenko O, Broda N. The influence of physical and chemical factors on HCG conservation activity for a long stored in the dilution state. *ScienceRise: Biol. Sci.* 2015; 11 (6/16): 18–22. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.53805.
13. Stolzenberger S., Kohler E. Liquid formulation of FSH. Patent for invention no. CN-101970010-A from 09.02.2011. Available at: <https://testpubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/CN-101970010-A>

### Creation of combined stabilizing compositions to preserve the activity of gonadotropins in liquid form

O. V. Shtapenko<sup>1</sup>, I. I. Gevkan<sup>1</sup>, V. Y. Syrvatka<sup>2</sup>, O. Y. Slyvchuk<sup>1</sup>, O. O. Korbetska<sup>1</sup>, S. B. Kornyat<sup>1</sup>, I. M. Yaremchuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Animal Biology NAAS,  
38 V. Stusa str., Lviv, 79034, Ukraine, [inenbiol@mail.lviv.ua](mailto:inenbiol@mail.lviv.ua)

<sup>2</sup>Ivan Franko National University of Lviv,  
4 M. Hrushevskoho str., Lviv, 79005, Ukraine

The activity of dissolved enzyme preparations during storage decreases, what leads to the loss of their biological activity and, as a result, reduces the effectiveness of the drugs. Therefore, the development of compositions that are able to maintain high activity of the hormone in dissolved form during long-term storage is relevant. The results of studies have shown that using sucrose as a stabilizing component for maintain gonadotropin activity is effective. It was found that during eight weeks of storage the best results on the preservation of gonadotropin activity during storage at 40°C were obtained in samples containing 75 mg/ml of sucrose compared to the sample of the control group. However, the highest gonadotropin activity was found when — 10 mg/ml L-lysine and 75 mg/ml sucrose were used as stabilizers. Studies of the dynamics of gonadotropin activity during long-term storage at 18–20°C showed that the addition of L-lysine and sucrose as stabilizing substances in the form of liposomal emulsion increases the preservation of chorionic hormone activity for 2 weeks of storage by 11.4% compared to similar composition pharmacological composition of the drug in aqueous form.

**Key words:** human chorionic hormone, activity, stabilization, sucrose, mannitol, lysine



## Дослідження фунгіцидної дії дезінфекційного препарату «Діолайд»

О. М. Чечет<sup>1</sup>, В. Л. Коваленко<sup>2</sup>

kovalenkodoktor@gmail.com

<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики і ветеринарно-санітарної експертизи, вул. Волинська, 12, м. Київ, 03151, Україна

<sup>2</sup>Державний науково-контрольний інститут біотехнології і штамів мікроорганізмів, вул. Донецька, 30, м. Київ, 03151, Україна

На сьогодні актуальним є розроблення для птахівництва нових дезінфекційних засобів — простих у застосуванні, нетоксичних у дезінфекції за присутності птиці, із широким бактерицидним спектром, які не спричиняють звикання патогенної мікрофлори, санують повітряне середовище, зв'язують аміак і дезодорують повітря. Одним із показників ефективності препарату є контролювання різними методами на тест-культурах мікроміцетів, які стійкі на поверхнях приміщення і потребують високих фунгіцидних концентрацій діючих речовин. Результати досліджень впливу дезінфекційного препарату «Діолайд» на основі натрію хлориду 42% та натрію хлориду 46% показало фунгіцидну активність щодо еталонних штамів *Candida albicans* ATCC 10231 і *Aspergillus niger* ATCC 16404. Методом серійних розведень з використанням паперових дисків на середовищі Чапека та на агар солодовому екстракті за дії дезінфекційного засобу «Діолайд» встановлено ефективну 0,1% концентрацію. Дезінфектант «Діолайд» в 0,1% концентрації за експозиції 60 хв. повністю знезаражував тест-об'єкти — поверхні з дерева, заліза, цегли та штукатурки, контаміновані мікроміцетами. Встановлено, що ефективність дезінфекційного препарату «Діолайд» прямо пропорційно залежить від терміну експозиції, тому необхідно дотримуватися цих режимів і на виробництві.

**Ключові слова:** мікроміцети, дезінфектант, тест-об'єкти, тест-мікроорганізми, фунгіцидність

Противіробкова безпека в господарствах птахівництва є основним фактором ефективності виробництва. Порушення оптимальних зоотехнічних та ветеринарно-санітарних умов утримання птиці впливає на продуктивність птиці і становить потенційну загрозу скорочення чисельності поголів'я. За результатами аналізу в господарствах, такої шкоди завдають мікроміцети родів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Saccharomyces cerevisias*, *Candida albicans* тощо [14].

У боротьбі з мікроміцетами в птахівництві необхідний комплексний системний підхід, який передбачає поєднання пробіотиків та сучасних дезінфекційних препаратів з адаптацією до умов конкретних господарств у системі противіробкової безпеки. У промисловому птахівництві дезінфекція є складовою частиною технологічного процесу. Дезінфекція водопостачання, повітря приміщень, поверхонь шаф — необхідні та важливі елементи боротьби з хворобами птиці. Дезінфекція повинна забезпечувати повне знищення умовно-патогенних і патогенних мікроорганізмів [7].

Діоксид хлору має потужну бактерицидну, віруліцидну, фунгіцидну та альгіцидну дію. Його потужну окисну здатність як дезінфекційного засобу для оброблення води і поверхонь дедалі більше використовують в багатьох розвинених країнах світу. Діоксид хлору добре окиснює тривалентне залізо, марганець, феноли, ціаніди, нітрати. Діоксин хлору не реагує з багатьма органічними сполуками і, як наслідок,  $\text{ClO}_2$  не виробляє екологічно небезпечних хлорорганічних сполук (тригалометанів, канцерогенів тощо). Крім того, використання діоксиду хлору сприяє різкому падінню хлорованих органічних речовин у воді [9].

Засоби з активним киснем характеризуються високим ступенем безпеки для людей, екологічністю і ефективною здатністю очищати. Основою їх дії є утворення вільних радикалів, які пошкоджують ліпіди клітинної мембрани, ДНК та інші важливі компоненти мікробної клітини. Їхні позитивні якості — широкий спектр активності (зокрема на спори бактерій та грибів), здатність розчиняти біологічні речовини, швидкий розпад на нетоксичні продукти в зовнішньому середовищі [2].

Таким чином, діоксид хлору — дезінфекційна речовина нехлорного типу, яка не утворює вільний хлор завдяки будові її молекули, основною діючою речовиною якої є кисень. Перевага двокомпонентного способу отримання діоксиду хлору полягає у тому, що два безпечні компоненти під час змішування у воді утворюють найпотужніший дезінфектант для водних систем і поверхонь практично для будь-якої галузі промисловості. Це робить діоксид хлору ідеальним засобом для дезінфекції та знезараження навіть тоді, коли вихідна вода містить органічні забруднення — наприклад, поверхневі води або води з вмістом гумусових речовин [2, 3, 5, 12].

Мета — встановити фунгіцидну ефективність препарату «Діолайд» щодо еталонних штамів *Candida albicans* ATCC 10231 і *Aspergillus niger* ATCC 16404.

## Матеріали та методи

Дослідження проводили у лабораторії Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи. Застосовували дезінфекційний препарат «Діолайд» на основі натрію хлориту 42% та натрію хлориду 46%.

Дослідження фунгіцидної дії препарату «Діолайд» та експозиції проведено згідно із загальноприйнятими рекомендаціями: «Методи контролю ефективності дії дезінфектантів на мікроміцети», затвердженими науково-методичною радою Державного комітету ветеринарної медицини (Протокол №1 від 23.12.2009 р.), та стандартом ДСТУ EN 1275:2004 «Засоби хімічні дезінфекційні та антисептичні основна фунгіцидна активність. Метод випробування та вимоги» (стадія 1) [1, 5, 6, 17]. Вивчення і встановлення ефективних концентрацій препарату «Діолайд» проводили суспензійним методом і методом паперових дисків. З цією метою готували водні розчини «Діолайд» у концентраціях 0,005; 0,01; 0,05; 0,1%. Підготували суспензії спор з еталонних штамів *C. albicans* ATCC 10231 ( $2,5 \times 10^7/\text{см}^3$ ) і *A. niger* ATCC 16404 ( $1,8 \times 10^7/\text{см}^3$ ) з музею Державного науково-контрольного інституту біотехнології і штамів мікроорганізмів (ДНКІБШМ). Контроль — культури мікроорганізмів досліджували в робочому розведенні. Застосовували *Neutralizing fluid* — середовище для нейтралізації активності антимікробних агентів відповідно до ЄФ (*Himedia*, Lot 0000342787; придатний до травня 2022). Нейтралізуючі речовини: твін 80 — 30 г/дм<sup>3</sup>, лецитин — 3 г/дм<sup>3</sup>, гістидину гідрохлорид — 1 г/дм<sup>3</sup>.

**Суспензійний метод:** розчин дезінфектанту «Діолайд» у кількості 0,1 мл змішували з робочими розведеннями мікроорганізмів. Експозиція контакту становила 30 та 60 хв. Після цього висівали на тверде поживне середовище Чапека та на агар солодовий екстракт. Посіви культивували в термостаті за температури +27°C впродовж 14 діб. Спостереження проводили через 3, 5, 7, 10 і 14 діб. Облік результатів проводили за наявністю чи відсутністю росту гриба [4, 6, 9].

**Метод паперових дисків:** робочі розведення еталонних штамів *C. albicans* ATCC 10231 і *A. niger* ATCC 16404 у кількості 0,2 мл висівали на тверде поживне середовище Чапека та на агар солодовий екстракт у чашках Петрі. Для дифузії культур в агар чашки культури грибів витримували впродовж 15–30 хв. за кімнатної температури. Стерильні диски з фільтрувального паперу діаметром 5 мм змочували водними розчинами дезінфектанту у відповідних концентраціях у кількості 0,1 мл на диск і розкладали стерильним пінцетом на чашки Петрі, притискаючи до агару. У кожен чашку розкладали по 5 дисків, які витримували в термостаті за температури 27°C упродовж 10 діб. Облік результатів проводили через 7 і 10 діб, визначали діаметр зон затримки росту грибів навколо паперових дисків за допомогою лінійки [4].

Для підтвердження остаточної ефективної концентрації дезінфектанту «Діолайд» проводили дослідження на тест-об'єктах: залізо, штукатурка, дерево та цегла.

## Результати й обговорення

У табл. 1 наведені результатами досліджень щодо фунгіцидної дії дезінфекційного препарату «Діолайд» на еталонних штамів *C. albicans* ATCC 10231 і *A. niger* ATCC 16404. Розчини препарату «Діолайд» 0,05% концентрації за експозиції 120 хв. виявляють фунгіцидну активність, оскільки не спостерігали росту мікроорганізмів. Встановлено, що 0,1% концентрації розчину препарату ефективно впливають на мікроорганізми за експозиції 60 хв.

**Таблиця 1.** Фунгіцидна дія препарату «Діолайд» у суспензійному методі  
**Table 1.** Fungicidal action of "Diolide" disinfectant in the suspension method

Мікроорганізми Microorganisms	Контроль Control	Концентрація препарату, % The disinfectant concentration, %							
		0,005		0,01		0,05		0,1	
		Експозиція, хв / Exposition, min							
		60	120	60	120	60	120	60	120
<i>Aspergillus niger</i>	+	+	+	+	+	+	+	–	–
<i>Candida albicans</i>	+	+	+	+	–	–	–	–	–

*Примітка.* «+» — наявність, «–» — відсутність росту гриба.  
*Note.* "+" — the presence of fungal growth; "–" — no fungal growth.

У суспензійному методі ефективна експозиція 60 хв., тому її застосовували в методі з паперовими дисками (табл. 2, 3). У табл. 2 показано, що на сьому добу, починаючи з 0,05% та 0,1% концентрацій, препарат «Діолайд» активно затримував ріст вегетативних клітин *C. albicans* відповідно (зона затримки росту >5 мм). Затримка росту суспензії спор плісняви *A. niger* була 9,0 мм вже за 0,05% концентрації досліджуваного розчину препарату.



**Таблиця 2.** Фунгіцидна дія препарату «Діолайд» з використанням паперових дисків за експозиції 60 хв. (7 днів) (M±m, n=5)

**Table 2.** Fungicidal effect of "Diolide" disinfectant using paper discs at 60 min. exposure (7 days) (M±m, n=5)

Дослідні мікро-організми Experimental micro-organisms	Діюча концентрація, % Active concentration, %			
	0,005	0,01	0,05	0,1
	Діаметр зон затримки росту, мм Diameter of growth retardation zones, mm			
<i>Aspergillus niger</i>	2,0±0,1	4,0±0,1	9,0±0,3	11,0±0,3
<i>Candida albicans</i>	4,0±0,1	5,0±0,2	11,0±0,3	13,0±0,3

**Таблиця 3.** Фунгіцидна дія препарату «Діолайд» з використанням паперових дисків за експозиції 60 хв. (10 днів) (M±m, n=5)

**Table 3.** Fungicidal effect of "Diolide" disinfectant using paper discs at 60 min. exposure (10 days) (M±m, n=5)

Дослідні мікро-організми Experimental micro-organisms	Діюча концентрація, % Active concentration, %			
	0,005	0,01	0,05	0,1
	Діаметр зон затримки росту, мм Diameter of growth retardation zones, mm			
<i>Aspergillus niger</i>	3,0±0,1	7,0±0,2	10,0±0,3	13,0±0,3
<i>Candida albicans</i>	5,0±0,1	9,0±0,2	12,0±0,2	14,0±0,2

**Таблиця 4.** Фунгіцидна активність препарату «Діолайд»

**Table 4.** Fungicidal activity of "Diolide" disinfectant

Штами Strains	Концентрація / Concentration, %	
	0,05	0,1
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	2,5×10 <sup>7</sup>	2,5×10 <sup>7</sup>
<i>A. niger</i> ATCC 16404	1,8×10 <sup>7</sup>	1,8×10 <sup>7</sup>

Показник зниження рівня життєздатності вегетативних клітин *C. albicans* та суспензії спор плісняви *A. niger* за зазначених випробовуваних концентрацій продукту  
Indicator of viability reduction in the of *C. albicans* vegetative cells and *A. niger* mold spore suspension at the specified tested product concentrations

Штами Strains	0,05			0,1		
	15 хв. 15 min	30 хв. 30 min	60 хв. 60 min	15 хв. 15 min	30 хв. 30 min	60 хв. 60 min
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	1,8×10 <sup>7</sup>	5,2×10 <sup>6</sup>	2,8×10 <sup>4</sup>	1,2×10 <sup>7</sup>	3,4×10 <sup>5</sup>	5,1×10 <sup>2</sup>
<i>A. niger</i> ATCC 16404	1,6×10 <sup>7</sup>	6,3×10 <sup>6</sup>	1,9×10 <sup>5</sup>	1,3×10 <sup>7</sup>	1,1×10 <sup>5</sup>	2,7×10 <sup>3</sup>

**Таблиця 5.** Фунгіцидна дія препарату «Діолайд» 2,0% за експозиції 60 хв., %

**Table 5.** Fungicidal effect of "Diolide" disinfectant 2.0% at 60 min. exposure, %

Штами Strains	Тест-об'єкти / Test objects			
	дерево wood	залізо iron	цегла bricks	штукатурка plaster
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	100	100	100	100
<i>A. niger</i> ATCC 16404	100	100	100	100

Встановлено (табл. 3), що «Діолайд» виявляв фунгіцидну дію у 0,05% концентрації на 10-у добу, де затримка росту *A. niger* становила 10 мм. Аналізуючи результати, спостерігали зону затримки росту до 13 мм за концентрації 0,1%. Результати дослідження показали, що за збільшення концентрації препарату «Діолайд» зростає зона затримки росту грибів *A. niger* та *C. albicans*.

Згідно з ДСТУ EN 1275:2004 (табл. 4), продукт відповідає нормам, якщо показник зниження рівня життєздатності бактерій не є меншим від 10<sup>4</sup> впродовж часу випробування до 60 хв. за температури +20°C в умовах, визначених для аналізування з використанням випробовуваних мікроорганізмів *C. albicans* ATCC 10231 та *A. niger* ATCC 16404. За цим показником 0,1% препарату «Діолайд» забезпечує фунгіцидну дію щодо еталонних штамів *C. albicans* ATCC 10231 та *A. niger* ATCC 16404.

Дезінфекційний препарат «Діолайд» в 0,1% концентрації та експозиції 60 хв. на 100% знезаражував *C. albicans* ATCC 10231 і *A. niger* ATCC 16404 на тест-об'єктах із дерева, заліза, цегли та штукатурки (табл. 5). Це підтверджує ефективність такої концентрації для застосування на виробництві.

Для дезінфекції тваринницьких приміщень протиранням або зрошенням за інфекційних захворювань, спричинених грибковими мікроорганізмами, щодо еталонних штамів *C. albicans* ATCC 10231 і *A. niger* ATCC 16404 рекомендовано використовувати робочий розчин «Діолайд» з концентрацією двоокису хлору 0,1% (250 мг/л) з розрахунку 0,5–1,0 л на 1 м<sup>2</sup> за експозиції 60 хв.

Застосування нових методів інфекційного контролю та поява нових клінічних патогенів, а особливо грибів, дасть вирішення завдань, пов'язаних з ринком дезінфектантів [15]. Агентство з охорони навколишнього середовища США (*Environmental Protection Agency*, EPA) систематично розробляє та оцінює нові кількісні методи ефективності інфекційного контролю. Наші дослідження показали, що оцінка ефективності фунгіцидного методу випробувань у лабораторії є прийнятною як нормативної процедури декількома методами. Ці дослідження можуть використовуватися для оцінки ясності та точності протоколів випробувань і для визначення показників ефективності методу — таких, як стандартне відхилення повторюваності (показник мінливості в кількох тестах, проведених в одній і тій же лабораторії) та стандартне відхилення відтворюваності (показник загальної мінливості у кількох лабораторіях). Невеликі значення стандартного відхилення повторюваності та відтворюваності для контрольної та обробленої популяції носіїв є показниками прийнятної ефективності методу [8, 11, 14, 15].

Деякі дослідники вважають, що розроблення, оцінка, незалежний технічний аналіз та публікація нормативних методів мають вирішальне значення у тому, що зареєстровані EPA та фармакологічною комісією України дезінфекційні засоби здатні досягати запропонованого рівня антимікробної активності при використанні їх за призначенням, і дають змогу отримувати безпечну продукцію [5, 10, 13, 16, 18].

## Висновки

Дезинфекційний засіб «Діолайд» в концентрації 0,1% має фунгіцидну дію щодо еталонних штамів *C. albicans* ATCC 10231 і *A. niger* ATCC 16404. Розчин препарату «Діолайд» у 0,1% концентрації за експозиції 60 хв. виявляє фунгіцидні властивості на тест-об'єктах.

## Перспективи подальших досліджень

Наступним етапом буде дослідження віруліцидності активності дезінфектанта «Діолайд».

- Chemical disinfectants and antiseptics main fungicidal activity. Test method and requirements (stage 1). NSU EN 1275:2004. Available at: [https://budstandart.ua/normativ-document.html?id\\_doc=53724](https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=53724) (in Ukrainian)
- Ge Y, Zhang X, Shu L, Yang X. Kinetics and mechanisms of virus inactivation by chlorine dioxide in water treatment: a review. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2021; 106 (4): 560–567. DOI: 10.1007/s00128-021-03137-3.
- Gilbert P, Moore LE. Cationic antiseptics: diversity of action under a common epithet. *J. Appl. Microbiol.* 2005; 99 (4): 703–715. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2005.02664.x.
- Kovalenko VL, Garkavenko VM. Investigation of "Barez" bactericidal preparation efficiency by fungicidal action. *Sci. Bull. Vet. Med. Bila Tserkva*, 2017; 2 (136): 56–59. Available at: <https://nvvm.btsau.edu.ua/uk/content/doslidzhennya-efektyvnosti-baktericydnoho-zasobu-barez-za-vyznachenniam-fungicydnoyidiyi> (in Ukrainian)
- Kovalenko VL, Liasota VP, Synytsyn VA, Holovko AM, Kukhtyn MD. *General methods of prophylaxis using complex disinfectants*. A tutorial. Nizhyn: Lysenko MM, 2017: 408 p. ISBN 978-617-640-332-6. (in Ukrainian)
- Kovalenko VL, Vasianovych OM, Zahrebelnyi OV. Studies on the effect of "Orgasept" disinfectant on *Aspergillus*, *Penicillium* and *Candida* fungi species. *Vet. Biotechnol.* 2016; 29: 132–137. Available at: <http://vetbiotech.kiev.ua/uk/arhiv/31-29/325-kovalenko-v-l> (in Ukrainian)
- Kovalenko VL, Zasiiekin DA (eds.). *Disinfectant Development and Control*. A monograph. Kyiv, 2013: 166 p. (in Ukrainian)
- Li X, Wu Z, Dang C, Zhang M, Zhao B, Cheng Z, Chen L, Zhong Z, Ye Y, Xia Y. A metagenomic-based method to study hospital air dust resistome. *Chem. Eng. J.* 2021. 406: 126854. DOI: 10.1016/j.cej.2020.126854.
- Mokienko AV. *Chlorine dioxide: application in water treatment technologies*. A monograph. 2<sup>nd</sup> ed. Odesa, Phoenix, 2021: 336 p. Available at: <https://www.onmedu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/10872/Mokienko%20%282%29.pdf>
- Ortiz S, López-Alonso V, Rodríguez P, Martínez-Suárez JV. The connection between persistent, disinfectant-resistant *Listeria monocytogenes* strains from two geographically separate Iberian pork processing plants: evidence from comparative genome analysis. *Appl. Environ. Microbiol.* 2015; 82 (1): 308–317. DOI: 10.1128/AEM.02824-15.
- Rabenau HF, Schwebke I, Blümel J, Eggers M, Glebe D, Rapp I, Sauerbrei A, Steinmann E, Steinmann J, Willkommen H, Wutzler P. Guideline for testing chemical disinfectants regarding their virucidal activity within the field of human medicine. *Bundesgesundheitsblatt. Gesundheitsforschung. Gesundheitsschutz.* 2020; 63 (5): 645–655. DOI: 10.1007/s00103-020-03115-w.
- Rodionova KO, Paliy AP. Analysis of quality and safety indicators of poultry meat during primary processing. *J. Vet. Med. Biotechnol. Biosaf.* 2017; 3 (2): 5–9. Available at: <http://jvmbbs.kharkov.ua/archive/2017/volume3/issue2/article1.php>
- Stonehouse GG, Evans JA. The use of supercooling for fresh foods: a review. *J. Food Engineer.* 2015; 148: 74–79. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2014.08.007.
- Synytsyn VA (ed.), Kovalenko VL, Zaviirukha AI, Nychyk SA, Nedosiekov VV. *Problems of Infectious Animal Diseases*. A monograph. Kyiv, Lysenko MM, 2015: 543 p. ISBN 978-617-640-237-4. (in Ukrainian)
- Tomasino SF. Development and assessment of disinfectant efficacy test methods for regulatory purposes. *Am. J. Infect. Contr.* 2013; 41 (5): S72–S76. DOI: 10.1016/j.ajic.2012.11.007.
- Wang J, Tao D, Wang S, Li C, Li Y, Zheng F, Wu Z. Disinfection of lettuce using organic acids: an ecological analysis using 16S rRNA sequencing. *RSC Adv.* 2019; 30 (9): 17514–17520. DOI: 10.1039/C9RA03290H.
- Yefimova OM, Kasianchuk VV. Analysis of microbiological safety of national products of animal origin intended for export. *Vet. Med. Ukr.* 2014; 1: 30–34. (in Ukrainian)
- Zwirzitz B, Wetzels SU, Dixon ED, Stessl B, Zaiser A, Rabanser I, Thalgueter S, Pinior B, Roch FF, Strachan C, Zanghellini J, Dzieciol M, Wagner M, Selberherr E. The sources and transmission routes of microbial populations throughout a meat processing facility. *npj Biofilm. Microbiom.* 2020; 6: 26. DOI: 10.1038/s41522-020-0136-z.

## Research on fungicidal effect of "Diolide" disinfectant

O. M. Chechet<sup>1</sup>, V. L. Kovalenko<sup>2</sup>  
kovalenkodoktor@gmail.com

<sup>1</sup>State Scientific and Research Institute for Laboratory Diagnostics and Veterinary and Sanitary Expertise,  
12 Volynska str., Kyiv, 03151, Ukraine

<sup>2</sup>State Research and Control Institute for Biotechnology and Microorganisms Strains,  
30 Donetska str., 03151, Kyiv, Ukraine

Nowadays it is important to develop new disinfectants for poultry which are simple in use, non-toxic if used in the presence of birds, with a broad bactericidal spectrum, not causing the resistance of microflora, maintaining the air environment, linking ammonia and deodorizing the air. One of the product effectiveness indicators comes from testing on micromycetes which are persistent on the indoor surfaces and require high fungicidal concentrations of active substances. Research results of the effect produced by the "Diolide" disinfectant with 42% sodium chlorite and 46% sodium chloride base showed fungicidal activity against the etalon strains of *Candida albicans* ATCC 10231 and *Aspergillus niger* ATCC 16404. By serial digestion method using paper disks on Chapek's medium and on the malt agar in the presence of the "Diolide" disinfectant the effective concentration of 0.1% was established. "Diolide" disinfectant at 0.1% concentration at 60 min. exposure completely disinfected test objects of wood, iron, brick and plaster which were contaminated with micromycetes. It was found that the effectiveness of "Diolide" disinfectant depends directly on the time of exposure and it is therefore necessary to adhere to these conditions in the production process.

**Key words:** micromycetes, disinfectant, test objects, test microorganisms, fungicidal effect



## Морфобіологічна характеристика щуки звичайної (*Esox lucius* L.) малих водойм комплексного призначення Сумської та Київської областей

М. Б. Халтурин

chalturinmax@gmail.com

Національний університет біоресурсів та природокористування України,  
вул. Генерала Родимцева, 19, 1 навчальний корпус, м. Київ, 03041, Україна

Метою роботи було провести морфобіологічний аналіз щуки звичайної (*Esox lucius* L.) з двох водойм, схожих за своїми параметрами та умовами, і визначити, наскільки відрізняються популяції цих видів за різних антропогенних чинників. Щука з Сумської обл. має більш прогонисте тіло, на що вказують зміщені спинний (5,76) та анальний плавці (9,19), більшу ширину тіла (2,47) та збільшене хвостове стебло (9,62), видовженішу голову з рилом та верхньою щелепою (6,10, 11,37, 4,9 відповідно). Такі ознаки можуть вказувати на те, що щука полює на великорозмірну здобич. Показники щуки з Київщини дещо відмінні і свідчать про те, що хижак робить дуже стрімкі та досить великі за дистанцією напади на здобич, незважаючи на перешкоди — такі, як макрофіти й інша водна рослинність, що підтверджують більша ширина лоба (13,32), висота голови (4,16) та висота голови біля потилиці (3,56). Про стрімкість і великі ривки свідчать великі очі (4,91) та збільшена нижня щелепа (9,89). За біологічними показниками можна підсумувати, що щука з Сумщини більш вгодована; це підтверджують виміри і коефіцієнти її вгодованості. Отже, вона м'ясистіша, що впливає передусім на якість риби як товарного об'єкта. Що ж до щуки з Київської області — вона є дещо дрібнішою, з нижчими коефіцієнтами вгодованості, що може свідчити про більші затрати енергії на здобування їжі. Ця затратність, на нашу думку, пов'язана з конкуренцією зі сторони ще двох хижих видів риб — окуня і судака, поширених у водоймі, та, можливо, з розмірами самої водойми, яка у чотири рази більша. Вважаємо за доцільне урізноманітнити іхтіофауну водойми у с. Паришків, зокрема мирними видами риб, щоб зняти або знизити трофічну конкуренцію хижаків.

**Ключові слова:** морфобіологія, щука, джерела водозабезпечення

У 60–70-х рр. минулого сторіччя на основній артерії України (р. Дніпро) почали активно споруджувати та запускати в роботу гідроелектростанції з привезенням та акліматизацією у цей же час далекосхідних видів: строкатого та білого товстолоба (*Hypophthalmichthys nobilis* та *Hypophthalmichthys molitrix*), амура білого (*Ctenopharyngodon idella*) та інтродуцентів чебачка амурського (*Pseudorasbora parva*) і ротаноголовешки (*Perccottus glenii*). Це почало процес зміни іхтіофауни України, зокрема зменшення чисельності видів або зміни притаманних місць існування останніх.

За останнє десятиліття склад іхтіофауни змінився за рахунок зарегульованості більшості річок та ведення рибогосподарської діяльності через інтродукцію коропа, строкатого та білого товстолобиків або їхніх гібридів, амура білого. За рахунок цього інтродуценти створювали конкуренцію у харчових відносинах з аборигенними видами. Видовий склад р. Рось не-

подалік від Косівського водосховища: кількість видів у 1997 р. становила 16 видів, а у 2005 р. — 19 видів за рахунок появи бичка цуцика (*Proterorhinus marmoratus*), йоржа звичайного (*Gymnocephalus cernuus*), яльця (*Leuciscus leuciscus*) [8]. Щодо різноманіття риб у нижній і середній течії Росі — 26 і 22 види відповідно. Верхня течія Росі та крупні притоки (Роська, Роставиця, Росава) нараховують менше видів риб — від 18 до 11, а невеликі притоки верхньої Росі (Горіхова, Коса, верхів'я Кам'янки) мають найменшу кількість видів — від 9 до 5 [3].

У зв'язку з постійною зміною кліматичних умов, зниженням рівня опадів та зростанням антропогенного навантаження, є необхідність у проведенні морфобіологічних досліджень на малих водоймах комплексного призначення (до 10 га), оскільки ці процеси набагато швидше проходять саме у малих водоймах завдяки більшій швидкості водообміну,

ніж у великих водосховищах, особливо після їхнього зарегулювання. Зважаючи, що щука є основним хижаком у водоймах цього класу, існує необхідність у її дослідженні в Україні. Тому метою роботи було провести морфобіологічний аналіз щуки звичайної (*Esox lucius* L.) у водоймах площею до 10 га.

## Матеріали і методи

Морфобіологічне порівняння щуки проводили на двох дослідницьких водоймах Сумської та Київської обл., які за певними ознаками є подібними.

Перша водойма розташована у м. Дружба Ямпільського р-ну Сумської обл. і є водоймою-охолоджувачем цукрорафінадного заводу. Ця водойма є нижньою з трьох каскадних водойм-охолоджувачів, створених штучно побудовою дамби та перегородженням струмка. Площа водного дзеркала нижньої водойми становить 2 га. Нижня водойма має неправильну форму з двома затоками, через які здійснюється водопостачання: через меншу (друга з верхніх водойм) водоспуском шандорного типу та більшу затоку, з сусідньої водойми, через трубу діаметром 500 мм, для якої джерелом води є підземні ключі. На відміну від верхніх водойм, водовипуск шандорного типу зроблений таким чином, що воду повністю спустити неможливо, оскільки з цієї водойми насосна станція забирала воду для заводу (далі струмок, що витікає з водойми, впадає до р. Івотка через декілька кілометрів від населеного пункту). Максимальна глибина становить 4 м, середня — 1,5 м. Період льодоставу триває з першої декади грудня до другої декади березня, товщина льоду становить 25–40 см. Температура води впродовж вегетаційного сезону може коливатись від 0°C (взимку) до 22–27°C (влітку). У водоймі є велика кількість затонулих дерев. Площа заростання макрофітами — 5–10%. Також на одному з берегів водойми розташований фруктовий сад і ферма великої рогатої худоби. Іхтіофауна налічувала вісім видів, найчисельніша родина коропових — шість видів (короп, карась сріблястий, лин, плітка, краснопірка, гірчак), по одному представнику окуневих (окунь звичайний) та щукових (щука звичайна). За відносною чисельністю домінували промислові види карась сріблястий та плітка — 55,4–58,2%.

Друга водойма розташована у с. Паришків Барішівського р-ну Київської обл. Загальна площа водойми становить 8,8 га. Водойма має складну форму трапеції з довгими сторонами 300×350 м. Середня глибина — 1,5 м, максимальна — 2,5 м; джерела водозабезпечення — підземні. Гребля водосховища — ґрунтова, довжиною 300 м, максимальна висота — 2,0 м, ширина гребня — 5 м. Виток у струмок відбувається через русловий шлюз шириною 1,5 м. Узимку водойма вкривається кригою різної товщини. Початок льодоставу зазвичай настає у другій половині листопада, звільнення від льоду — наприкінці березня. Максимальна товщина льоду — 25–40 см. Температура води протягом

вегетаційного сезону може коливатись від 0°C взимку до 21–26°C влітку. У водоймі є велика кількість зрубаних куців. Площа заростання макрофітами — 5–10%. Під час досліджень іхтіологічна частина гідробіонтів налічувала 6 видів риб. Найчисленнішою є родина коропових — три види (короп, карась сріблястий, амур білий); з окуневих — два види (окунь та судак), зі щукових — один вид (щука). За відносною чисельністю домінують промислові види риб (карась і короп) — 86,5–88,5%. Водойми схожі за джерелами водопостачання й великою кількістю укриттів для такого хижака, як щука.

Збір, обробка зібраних матеріалів проведені відповідно до загальноприйнятих методик [6]. Для визначення видової належності молоді та дорослих риб та їх систематичного положення і назв використовували визначники [2, 4, 5].

Всі дані, отримані у результаті досліджень, опрацьовували статистично з визначенням порогів вірогідності:  $P > 0,05$  — невірогідно,  $P < 0,05$ ; 0,01; 0,001–1–3 — пороги вірогідності за стандартними методиками [6]. Для обробки отриманих результатів використовували програму *Microsoft Excel*.

Під час дослідження умови поводження з тваринами відповідали постановам всіх міжнародних, національних інституцій, законам і конвенції про біоетику.

## Результати й обговорення

Пластичні ознаки щуки з водойм Сумщини та Київщини наведені у табл. 1. Загалом було виміряно 42 пластичні ознаки щуки, серед яких 33 ознаки тулуба та дев'ять ознак голови. Загалом обидві популяції подібні між собою, проте на основі даних, зазначених у табл. 1, можна судити про те, що з 33 ознак найбільше відрізняються 13 ознак тулуба та сім ознак голови. Ознаки, які найбільше відрізняються для тулуба: найбільша товщина тіла, яка у щуки з Сумщини більша від цього показника у представників з Київщини на 2,47, постдорсальна відстань — на 5,76; антианальна відстань та довжина хвостового стебла — відповідно, на 9,19 і 9,62; вентроанальна відстань — на 16,05; довжина голови — на 6,10. Водночас щука з водойм Київщини переважала над щукою з Сумщини за такими показниками: найбільша висота тіла — на 3,29; обхват тіла — 8,26; висота спинного та анального плавців — відповідно, 9,19 та 6,62; довжина хвостового плавця — 3,36.

Щодо розмірів голови — довжина риля 11,37 і довжина верхньої щелепи 4,9 у щук із Сумщини, що переважає над екземплярами з Київщини, натомість діаметр ока 4,91, ширина чола 13,32 та висота голови, висота голови біля потилиці та довжина нижньої щелепи навпаки, більші, відповідно, на 4,16, 3,56 та 9,89 у представників з Київської обл. Загалом всі відмінності характерні для популяцій, які не перше покоління мешкають у цій водоймі та пристосувались до конкретних умов [1].



**Таблиця 1.** Пластичні ознаки щуки водойм Сумщини та Київщини (відносні величини)  
**Tables 1.** Plastic characteristics of pike of reservoirs of Sumy region and Kyiv region (relative values)

Проміри / Measurements	Статистична обробка / Statistical processing								
	Сумщина (n=38, обидві статі) Sumy Region (n=38, both sexes)				Київщина (n=29, обидві статі) Kyiv Region (n=29, both sexes)				
	M, %	lim	±m	σ	M, %	lim	±m	σ	
У % від довжина тіла (l) / ln % of body length (l)									
Довжина стандартна (мм) (l) / Standard length (mm) (l)		120–335				200–580			
Довжина зоологічна (L) / Zoological length (L)	114,39	108,06–119,67	2,75	0,63	117,00	113,64–120,00	2,20	0,73	–2,23
Довжина тіла (lcor) / Body length (lcor)	69,82	65,22–73,13	2,31	0,53	70,79	66,67–73,81	2,25	0,75	–0,86
Найбільша висота тіла (H) / Maximum body height (H)	16,53	12,00–19,67	2,43	0,56	19,82	11,50–24,77	4,21	1,40	–2,35
Найменша висота тіла (h) / The smallest height of the body (h)	6,45	4,67–8,14	1,20	0,28	7,39	6,25–8,86	0,96	0,32	–1,22
Найбільша товщина тіла (iH) / Maximum body thickness (iH)	9,53	6,40–14,29	2,46	0,56	7,06	6,25–8,48	0,69	0,23	2,77
Обхват тіла (Ccor) / Body circumference (Ccor)	42,40	36,77–48,45	3,50	0,80	50,66	40,52–58,75	5,98	1,99	–4,94
Антедорсальна відстань (aD) / Antedorsal distance (aD)	71,95	34,88–76,72	9,10	2,09	72,66	66,67–78,64	4,28	1,43	–0,38
Постдорсальна відстань (pD) / Postdorsal distance (pD)	17,23	13,33–51,28	8,32	1,91	11,47	9,67–13,41	1,20	0,40	3,79
Антипектральна відстань (aP) / Antipectral distance (aP)	30,12	26,87–37,50	3,43	0,79	29,39	22,42–35,83	4,93	1,64	0,47
Антевентральна відстань (aV) / Anteventral distance (aV)	57,70	53,52–62,50	2,52	0,58	57,35	49,33–69,02	6,92	2,31	0,20
Антеанальна відстань (aA) / Anteanal distance (aA)	81,35	78,75–85,71	2,02	0,46	72,16	71,00–74,32	1,03	0,34	10,23
Довжина хвостового стебла (pl) / Tail length (pl)	22,56	13,57–34,29	8,50	1,95	12,94	11,33–15,68	1,42	0,47	6,18
Пектровоентральна відстань (PV) / Pictroventral distance (PV)	33,04	27,12–59,70	7,53	1,73	33,38	24,67–41,28	6,11	2,04	–0,18
Вентроанальна відстань (VA) / Ventroanal distance (VA)	38,80	22,79–58,54	14,86	3,41	22,75	19,09–33,64	4,51	1,50	7,24
Довжина основи спинного плавця (ID) / Dorsal fin base length (ID)	13,90	11,80–16,13	1,29	0,30	12,79	11,59–13,54	0,66	0,22	1,55
Висота спинного плавця (hD) / Dorsal fin height (hD)	11,79	10,00–14,71	1,67	0,38	20,98	19,52–22,73	1,11	0,37	–10,59
Довжина основи анального плавця (IA) / Anal fin base length (IA)	9,44	8,00–11,03	0,77	0,18	9,10	7,95–10,00	0,66	0,22	0,54
Висота анального плавця (hA) / Anal fin height (hA)	10,60	8,00–15,90	2,03	0,47	17,22	13,64–18,82	1,75	0,58	–6,47
Довжина грудного плавця (IP) / Pectoral fin length (IP)	12,62	10,40–14,75	1,22	0,28	11,42	10,20–13,33	1,04	0,35	1,51
Довжина черевного плавця (IV) / Pelvic fin length (IV)	12,49	10,87–14,71	1,04	0,24	10,56	9,00–14,55	1,62	0,54	2,19
Довжина хвостового плавця (IC1) / Tail fin length (IC1)	14,77	12,68–16,39	1,12	0,26	18,13	13,64–20,00	1,96	0,65	–3,52
Довжина хвостового плавця (IC2) / Tail fin length (IC2)	14,89	13,17–16,13	0,98	0,22	17,77	14,09–20,67	2,19	0,73	–2,95
Довжина голови (lc) / Head length (mm) (lc)	31,46	28,81–33,33	1,25	0,29	25,35	24,14–26,00	0,75	0,25	8,34
У % від довжини голови (lc) / ln % of head length (lc)									
Довжина голови (мм) (lc) / Head length (mm) (lc)		40–100				52–123			
Довжина риля (lr) / Muzzle length (lr)	44,70	41,67–48,19	1,95	0,45	33,33	30,77–35,45	1,83	0,61	11,07
Діаметр ока (do) / Eye diameter (do)	11,89	10,00–14,29	1,31	0,30	16,80	12,82–18,97	1,72	0,57	–5,24
Позаочна відстань (ro) / Extraocular distance (ro)	37,79	18,97–47,06	10,18	2,34	36,58	33,33–38,46	1,80	0,60	0,71
Ширина чола (io) / Forehead width (io)	27,97	14,29–45,83	11,81	2,71	41,29	35,77–46,67	3,49	1,16	–6,77
Висота голови (ho 1) / Head height (ho 1)	33,97	25,71–40,00	3,71	0,85	38,13	30,77–44,55	4,26	1,42	0,28
Висота голови біля потилиці (hc) / Head height at the nape (hc)	47,19	35,29–56,92	6,56	1,50	50,75	38,46–71,82	10,18	3,39	–2,76
Довжина верхньої щелепи (mx) / Length of the upper jaw (mx)	50,80	46,00–57,14	2,87	0,66	45,90	37,18–62,73	7,91	2,64	–1,61
Довжина нижньої щелепи (mn) / Length of the lower jaw (mn)	40,18	35,29–46,15	3,49	0,80	50,07	43,53–68,18	7,43	2,48	2,70

Примітка. «–» — ознака щуки з Київщини переважає цю ж ознаку щуки з Сумщини.

Note. “–” — the sign of the pike from the Kyiv region prevails over the same sign of the pike from the Sumy region.

**Таблиця 2.** Меристичні ознаки щуки водойм Сумщини та Київщини (абсолютні величини)  
**Table 2.** Meristic characteristics of pike in reservoirs of Sumy and Kyiv regions (absolute values)

Кількість / Number	Статистична обробка / Statistical processing			
	Сумщина (n=38, обидві статі) Sumy region (n=38, both sexes)		Київщина (n=29, обидві статі) Kyiv region (n=29, both sexes)	
	M	lim	M	lim
Лусок в бічній лінії (1.1) / Scale in the lateral line (1.1)	116	111–122	120	110–130
Лусок над бічною лінією (Squ1) / Scale above lateral line (Squ1)	17	15–18	18	15–20
Лусок під бічною лінією (Squ2) / Scale under lateral line (Squ2)	18	16–19	18	15–20
Лусок хвостового стебла (Squ pi) / Tail stem scale (Squ pi)	15	15–16	16	15–17
Променів у спинному плавці (D) / Rays in the dorsal fin (D)		14–16		14–17
Променів в анальному плавці (A) / Rays in the anal fin (A)		10–12		9–14
Променів у грудному плавці (P) / Rays in the pectoral fin (P)		10–17		13–17
Променів у черевному плавці (V) / Rays in the ventral fin (V)		8–9		7–8
Променів у хвостовому плавці (C) / Rays in the tail fin (C)		22–25		23–26

**Таблиця 3.** Біологічні показники щуки водойм Сумщини та Київщини  
**Table 3.** Biological indicators of pike in reservoirs of Sumy and Kyiv regions

Проміри Measurements	Статистична обробка / Statistical processing			
	Сумщина (n=38, обидві статі) Sumy region (n=38, both sexes)		Київщина (n=29, обидві статі) Kyiv region (n=29, both sexes)	
	M, %	lim	M, %	lim
Маса риби (г) / Weight of fish (g)		25–368		1,2–700
Маса риби (без нутрощів) (г) / Weight of fish (without entrails) (g)	86,58	80,80–93,75	82,80	80,00–86,00
Маса гонад (г) / Weight of gonads (g)	0,09	0,00–1,69	0,41	0,00–1,79
Вік (роки) / Age (years)		1–3		1–2
Ступінь перетравності їжі (балів) / Degree of food digestibility (points)	3	2–5	4	3–5
Жирність (бал) / Fatness (point)	3	2–4	3	2–4
Кількість ікринок в 1 г (шт.) / Number of eggs in 1 g (pcs.)	—	—	—	—
Коефіцієнт вгодваності за Фультаном / Fultan's coefficient of fattening	1,67		1,02	
Коефіцієнт вгодваності за Кларк / Clark's coefficient of fattening	1,43		0,85	
Коефіцієнт вгодваності за Сальниковим / Salnikov's coefficient of fattening	23,68		10,16	
Гонадо-соматичний індекс / Gonado-somatic index	0,51		0,41	
Індекс висоти тіла / Body height index	5,99		5,05	
Індекс відносної товщини тіла / Relative body thickness index	9,53		7,06	
Індекс великоголовості / Big-headedness index	31,46		25,35	
Індекс компактності / Compactness index	42,20		50,65	
Індекс м'ясистості / Meatiness index	0,12		0,06	

Меристичні та біологічні ознаки щуки з водойм Сумщини та Київщини наведені нижче у табл. 2 і 3.

Відмінність між меристичними ознаками у щук з досліджуваних водойм за *t*-критерієм була невірогідною. Обидві популяції майже не відрізняються, всі показники коливаються в межах, притаманних виду. Це, у свою чергу, свідчить про те, що вони не утворюють підвидів і належать до виду *Esox lucius*. За біологічними показниками видно, що більшість досліджених екземплярів належать до молодших груп віком один-три роки, що може

свідчити про значний пресинг з боку людини на старші вікові групи і можливу появу ранньодозріваючих особин у подальшому.

## Висновки

Щука з Сумської обл. має більш прогонисте тіло, на що вказують зміщені спинний (5,76) та анальний плавці (9,19), більшу ширину тіла (2,47) та збільшене хвостове стебло (9,62), видовженішу голову з рилом

та верхньою щелепою (6,10, 11,37, 4,9 відповідно). Такі ознаки можуть свідчити про те, що щука полює на здобич, яка має максимальні розміри відповідно до певного екземпляра. Показники щуки з Київщини дещо відрізняються і свідчать про те, що хижак робить дуже стрімкі та досить великі за дистанцією напади на здобич, незважаючи на перешкоди — такі, як макрофіти й інша водна рослинність, про що можуть свідчити більша ширина лоба (13,32), висота голови (4,16) та висота голови біля потилиці (3,56). Також на стрімкість і великі ривки можуть вказувати великі очі (4,91) та збільшена нижня щелепа (9,89).

Отже, з огляду на біологічні показники можна підсумувати, що щука з Сумщини більше вгодована, що підтверджено вимірами і коефіцієнтами її вгодованості. Отже, вона м'ясистіша, що впливає передусім на якість риби як товарного об'єкта.

Що ж до щуки з Київської обл. — вона дещо дрібніша, з нижчими коефіцієнтами вгодованості, що може свідчити про більші затрати енергії на здобування їжі. Ця затратність, на нашу думку, пов'язана з конкуренцією щуки і ще двох хижих видів риб (окунь та судак), поширених у водоймі, та, можливо, з розмірами самої водойми, яка у чотири рази більша. Вважаємо за доцільне урізноманітнити іхтіофауну водойми у с. Паришків, зокрема мирними видами риб, щоб зняти або знизити трофічну конкуренцію хижаків.

## Morphobiological characteristics of common pike (*Esox lucius* L.) in small reservoirs of complex purpose in Sumy and Kyiv regions

M. B. Khalturyn

chalturinmax@gmail.com

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
19 Henerala Rodymtseva str., 1<sup>st</sup> educational building, Kyiv, 03041, Ukraine

The purpose of the work was to conduct a morphobiological analysis of common pike (*Esox lucius* L.) from two reservoirs similar in their parameters and conditions, and to determine the difference between the populations of these species due to various anthropogenic factors. The pike from the Sumy region has a more slender body, as it is indicated by displaced dorsal (5.76) and anal fins (9.19), a larger body width (2.47) and an enlarged tail stem (9.62), a more elongated head with a snout and upper jaw (6.10, 11.37, 4.9, respectively). Such signs may indicate that the pike hunts for prey that has the maximum size according to a specimen. The indicators of the pike from the Kyiv region are somewhat different and indicate that the predator makes very rapid and fairly long-distance attacks on prey, despite obstacles such as macrophytes and other aquatic vegetation, which can be evidenced by a larger width of the forehead (13.32), head height (4.16) and head height at the nape of the neck (3.56). Also, big eyes (4.91) and an enlarged lower jaw (9.89) can indicate speed and big jerks. Based on biological indicators, we can conclude that the pike from Sumy region is more fattened, which is confirmed by measurements and coefficients of its fatness. Therefore, it is fleshier, which, first of all, affects the quality of the fish as a commodity. As for the pike from the Kyiv region, it is somewhat smaller with lower fatness coefficients, which may indicate greater expenditure of energy for obtaining food. This costliness, in our opinion, is related to competition from two more predatory fish species — perch and zander, which are common in the reservoir, and possibly to the size of the reservoir itself, which is four times larger. We consider it expedient to diversify the ichthyofauna of the reservoir in the Paryshkiv village, in particular peaceful species of fish, in order to remove or reduce the trophic competition of predators.

**Key words:** morphobiology, pike, sources of water supply

## Перспективи подальших досліджень

Необхідно і надалі спостерігати за цими популяціями і додати ще дві-три подібні. Дослідити старші вікові групи, щоб дізнатись ступінь плодючості, що свідчитиме про подальше зростання чи занепад цих популяцій.

1. Khalturyn MB, Shevchenko PG. Morphological characteristics of pike (*Esox lucius* L.) of Kyiv and Sumy regions reservoirs. *The 3<sup>rd</sup> Millennium Sustainable Development Goals: Challenges for Life Sciences Universities: proceedings of International Scientific and Practical Conference*, May 23–25, 2018, Kyiv, Ukraine. 2018; 3: 422: 377–379. Available at: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u169/tom\\_3\\_na\\_sayt.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u169/tom_3_na_sayt.pdf) (in Ukrainian)
2. Koblytskaya AF. *Determinant of young freshwater fish*. Moscow, Light and food industry, 1981: 208.
3. Kutsokon YK. *The current state of the fish population of the Ros River basin*. Autoref. PhD thesis biol. sci. Kyiv, Institute of Fisheries of the Ukrainian Academy of Sciences, 2007: 24 p. (in Ukrainian)
4. Markevich OP, Korotky YI. *Identification of freshwater fish of the Ukrainian SSR*. Kyiv, Soviet School, 1954: 208 p.
5. Movchan YV. *Fishes of Ukraine*. A reference guide. Kyiv, Golden Gate publ., 2011: 444 p. (in Ukrainian)
6. Pylypenko JV, Shevchenko PG, Cedyk VV, Kornijenko VO. *Ichthyological Research Methods*. A study guide. Kherson, OLDI-PLJuS, 2017: 432 p. ISBN 978-966-289-143-0 (in Ukrainian)
7. Romanenko VD. *Methods of hydroecological research of surface waters*. Kyiv, Logos, 2006: 408 p. (in Ukrainian)
8. Sytnyk YM, Solyanyk OV. Industrial ichthyofauna of the Kosiv reservoir (Ros river) and its production (2000–2005). *Fish Farm*. 2006; 65: 24–28. (in Ukrainian)



## Продуктивність та якісні показники яєць курей-несучок за зміни якісного та кількісного складу протеїну корму

I. Ратич, А. Гунчак, Я. Сірко, О. Стефанишин, Б. Кирилів, І. Хомик

a\_gunchak@ukr.net

Інститут біології тварин НААН,  
вул. Василя Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна

Інтенсивність яйцекладки сільськогосподарської птиці характеризує не тільки показник економічної ефективності галузі, але й дію різноманітних чинників, які впливають на реалізацію генетичного потенціалу сучасних високопродуктивних порід, кросів та ліній. До таких чинників належить годівля, яка повинна враховувати кількісне нормування раціонів за певними поживними речовинами корму, а також за їхніми якісними показниками. Сьогодні на ринку кормів для сільськогосподарських тварин з'являються продукти не лише з високим вмістом протеїну, але й високим коефіцієнтом його засвоюваності. Серед інших, заслуговує на увагу соняшниковий концентрат «Проглот» — новий інноваційний продукт, розроблений фахівцями Дніпровського заводу «Потоки». За інформацією розробників, для його отримання використовують унікальні нанотехнології обробки насіння соняшника — низькотемпературну екстракцію з максимальним видаленням лушпиння. Тобто «Проглот» може бути цінним для використання у годівлі птиці порівняно з високопротеїновим соєвим шротом через відсутність «антипоживних» речовин. У статті подані результати дослідження, метою якого було з'ясувати продуктивні якості курей-несучок на тлі введення до їхнього раціону високоперетравного протеїну з високим коефіцієнтом засвоєння. Дослід провели на курях-несучках породи «Ломан Браун». Птиці контрольної групи згодовували комбікорм, до складу якого входили макуха соєва та соняшниковий шрот (сирий протеїн 17%), дослідної першої — соєвий шрот та високопротеїновий концентрат «Проглот» (сирий протеїн 17%), а дослідної другої — лише високопротеїновий концентрат (сирий протеїн 15%). Встановлено, що введення до складу повнораціонного комбікорму інноваційного продукту «Проглот» не призводить до суттєвих міжгрупових різниць за живою масою особин за період дослідження. Показано, що максимальне збільшення в раціонах курей частки перетравного протеїну та зменшення фракції протеїну, яка засвоєнню не підлягає, позитивно впливає на інтенсивність обмінних процесів в організмі курей-несучок у процесі синтезу компонентів яєць. При цьому забезпечується підвищення продуктивності птиці: показники несучості курей другої дослідної групи переважали показники аналогів контрольної та першої дослідної груп на 2 і 4 % ( $P < 0,05$ ) відповідно, та якості отриманої продукції — збільшувалась абсолютна маса білка яєць ( $P < 0,05$ ) і міцність шкаралупи ( $P < 0,01$ ).

**Ключові слова:** кури-несучки, несучість, якість яєць, соняшниковий протеїновий концентрат «Проглот»

Головною перевагою птахівництва порівняно з іншими галузями тваринництва є те, що птиця проявляє найвищий коефіцієнт перетворення рослинного протеїну в тваринний. При цьому провідну роль відіграють процеси перетравлення і засвоєння поживних речовин у шлунково-кишковому тракті, який повинен адаптуватися до умов інтенсивних промислових технологій розведення, вирощування та утримання птиці [10].

Основними господарсько-економічними показниками галузі птахівництва є м'ясна і яєчна продуктивність, її інтенсивність характеризує також дію різноманітних чинників, які впливають на реалізацію генетичного потенціалу сучасних високопродуктивних порід, кросів та ліній [15].

Несучість птиці визначається насамперед генетичною спадковістю. Поряд з цим, вона пов'язана з фото-



періодизмом і залежить від різноманітних стресових чинників [1, 13]. До них належать: недосконала промислова технологія вирощування; не завжди збалансована годівля (особливо за виробництва кормів в умовах господарства через високу вартість кормів вироблених державними комбикормовими заводами); зміни клімату та суттєве погіршення екології [2, 7, 9]. При цьому надзвичайно важливим чинником, який має вплив на несучість, товарні та біологічні якості яєць, є годівля птиці [10].

Трансформація поживних речовин корму в продукцію птахівництва передбачає використання у тканинному метаболізмі енергетичних і практичних субстратів, які всмокталися з травного каналу. З'ясування якісної та кількісної сторони використання окремих нутрієнтів у забезпеченні основних фізіологічних функцій (росту, розвитку та напряду продуктивності птиці) є важливим етапом у розробці системи живлення. Нормування протеїну має важливе практичне значення, оскільки такі високопротеїнові продукти, як яйця, м'ясо і пір'я, можуть утворюватися лише за достатньої його кількості в раціоні птиці. Дефіцит протеїну в раціоні негативно позначається як на продуктивності птиці, так і на збереженості поголів'я [8]. Надлишок протеїну також небажаний, оскільки інтенсифікується обмін речовин в організмі та збільшуються витрати протеїну на енергетичні цілі, що призводить до підвищення вартості кормів, зниження ефективності виробництва продукції і збільшення обсягів викидів Нітрогену в довкілля [6, 12].

Тому актуальними є дослідження, які стосуються з'ясування інтенсивності обмінних процесів в організмі курей-несучок, їх несучості та якості яєць за зміни кількісного і якісного складу протеїну корму.

## Матеріали і методи

Експериментальну частину роботи виконано в умовах віварію Інституту біології тварин НААН і лабораторії фізіології, біохімії та живлення птиці. Молодняк курей «Ломан-Браун» 100-добового віку було сформовано у три групи — контрольну і дві дослідні. Утримання і годівля відповідали технологічним вимогам вирощування курей в клітках. Вся птиця отримувала повнораціонний комбикорм (ПК), збалансований за поживними і біологічно активними речовинами. При цьому раціони різнилися за кількістю та якістю протеїну. Зокрема, курям контрольної (К) та першої дослідної (Д<sub>1</sub>) груп згодовували комбикорм із рівнем сирого протеїну 17%, а другої дослідної (Д<sub>2</sub>) — 15%. Водночас для дослідних груп птиці соєвий шрот, який містився в комбикормі для птиці контрольної групи, замінювали соняшниковим концентратом «Проглот» (новий інноваційний продукт, розроблений фахівцями Дніпровського заводу «Потоки»). За інформацією розробників, для його отримання використовують унікальні нанотехнології обробки насіння соняшника —

низькотемпературну екстракцію з максимальним видаленням лушпиння. У результаті відбувається щадна денатурація без порушення первинної структури протеїну і руйнування амінокислот. При цьому коефіцієнт засвоюваності протеїну з соняшникового концентрату становить 90,6%, жиру — 85,9%, клітковини — 9,7%, безазотистих екстрактивних речовин — 60%.

У процесі досліджу спостерігали за фізіологічним станом курей, поїданням корму, несучістю. Наприкінці досліджу, який тривав три місяці, провели забій птиці і відібрали проби крові, тканини печінки для біохімічних досліджень. Також аналізували якість яєць за морфометричними і біохімічними показниками: маса яєць, білка, жовтка та шкаралупи; товщина і міцність шкаралупи; рН білка і жовтка; вміст Са, розчинних протеїнів та ліпідів у жовтках.

## Результати й обговорення

Встановлено, що впродовж всього періоду проведення досліджу фізіологічний стан курей-несучок був задовільним, а збереженість поголів'я птиці у контрольній та дослідних групах становила 100%.

Очевидно, зміна раціону в частині введення до його складу протеїнового концентрату «Проглот» не впливала на смакові якості корму, оскільки кури добре поїдали його в кількостях, передбачених нормами з годівлі птиці цього виду, віку і напряду продуктивності. Не було відзначено й функціональних змін з боку шлунково-кишкового каналу, зокрема диспептичного характеру.

На відповідний перебіг метаболічних процесів в організмі птиці вказує маса її тіла (табл. 1). Не встановлено вірогідної міжгрупової різниці маси тіла курей, хоч деяку тенденцію до зростання прослідковували у птиці першої дослідної групи, вміст протеїну в раціоні якої перевищував показники корму другої дослідної групи на 4%.

Вважається, що функціональна здатність печінки є певним індикатором можливого впливу на організм токсичних чинників. Орган реагує на токсичне начало не тільки зміною біохімічних показників, але й зміною його маси. Тому для підтвердження «фізіологічності» усіх процесів, які відбуваються в організмі курей за зміни кількісного та якісного вмісту протеїну в раціонах, ми визначили масу печінки та індекс її маси — відношення маси печінки до маси тіла, виражене у відсотках [3].

Встановлено, що маса печінки, а відповідно, й індекс її маси в курей усіх дослідних груп були у межах референтних величин. При цьому варто зауважити, що в курей першої дослідної групи спостерігали тенденцію до підвищення цих показників порівняно з аналогами контрольної та другої дослідної груп (табл. 1).

За результатами дослідження впливу зміни кількісного і якісного складу протеїну корму на несучість встановлено позитивний вплив введення до раціону білково-соняшникового концентрату «Проглот».

Виявлено, що показники яєчної продуктивності несучок другої дослідної групи переважали показники аналогів контрольної та першої дослідної груп на 2 і 4% ( $P < 0,05$ ) відповідно (рис. 1).

Середня маса яєць, знесених курми дослідних груп, була вищою на понад 2% ( $P < 0,05$ ) порівняно з масою яєць, одержаних від птиці контрольної групи.

Кількість яйцемаси, отриманої на середню несучку за обліковий період несучості курей в досліді (рис. 2), була вищою у птиці другої дослідної групи, зокрема переважала показники аналогів контролю майже на 5% (5,1%).

Встановлено (табл. 2), що у птиці дослідних груп на тлі заміни соєвого шроту в їх раціоні на інноваційний соняшниковий концентрат «Проглот» вірогідно змінювалась маса яєць: порівняно з контролем, цей показник був вищим майже на 2,5%. Варто відзначити, що в яйцях курей обидвох дослідних груп маса білка збільшувалась майже на 3% ( $P < 0,05$ ) і це попри те, що рівень сирого протеїну в раціонах різнився. Водночас аналіз наведених вище результатів досліджень свідчить про те що, хоча зміна протеїнового живлення курей суттєво не вплинула на відносну масу складових яйця, співвідношення маси білка до маси жовтка яєць у межах кожної з груп дещо змінювалось і становило, відповідно, 2,30 (контроль), 2,38 (Д1) та 2,38 (Д2). Ці показники відповідали рівню референтних значень.

За результатами визначення морфометричних показників якості яєць встановлено, що на тлі відносно стабільної маси шкаралупи яєць курей усіх груп (табл. 2), її товщина і міцність зростали за умови введення до раціонів птиці «протеїнового концентрату».

Товщина шкаралупи (рис. 3) збільшувалась майже на 10% ( $P < 0,01$ ) в курей, які споживали «Проглот». При цьому ми не виявили вапняних наростів на шкаралупі чи ознак її шорсткості тощо. Вочевидь, раціони контрольної та дослідних груп не були дефіцитними за основними амінокислотами. Водночас отримані результати свідчать про позитивні зміни якості яєць, адже за умови підвищення товщини шкаралупи зменшується можливість проникнення бактерій всередину яйця.

Не виявлено й порушень пігментації шкаралупи, що опосередковано може свідчити про функціональний стан печінки [4]. Адже до годівельних чинників, які впливають на пігментацію шкаралупи курей, належать токсичність кормів, наявність у них мікотоксинів, перевищення гранично допустимих кількостей важких металів, порушення у годівлі та утримання тощо.

Показано, що особливо виразно змінювалась міцність (рис. 4) яєчної шкаралупи. Вона збільшувалась на понад 20% ( $P < 0,01$ ) у птиці дослідних груп порівняно з показниками аналогів контрольної групи.

Відомо, що показники товщини шкаралупи не завжди корелюють з показниками її міцності. Остання залежить ще й від її структури й пористості, оскільки відносно тонкий мінералізований шар шкаралупи додатково «армований» органічним матриксом [9].

**Таблиця 1.** Маса тіла і печінки курей-несучок за різного якісного і кількісного рівня протеїну в їхніх раціонах ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )  
**Table 1.** Body and liver weight of laying hens with different qualitative and quantitative levels of protein in their diets ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Показники Parameters	Групи / Groups		
	Контрольна Control	I дослідна 1 <sup>st</sup> experimental	II дослідна 2 <sup>nd</sup> experimental
Маса тіла, г Body weight, g	1788,0± ±58,57	1828,0± ±45,54	1759,0± ±33,24
Маса печінки, г Liver weight, g	31,62±0,81	33,09±0,39*	31,03±0,34
Індекс маси печінки, % Liver weight index, %	1,77	1,81	1,76

*Примітка.* Тут і далі \* —  $P < 0,05$ ; \*\* —  $P < 0,01$ ; \*\*\* —  $P < 0,001$  порівняно з контролем.

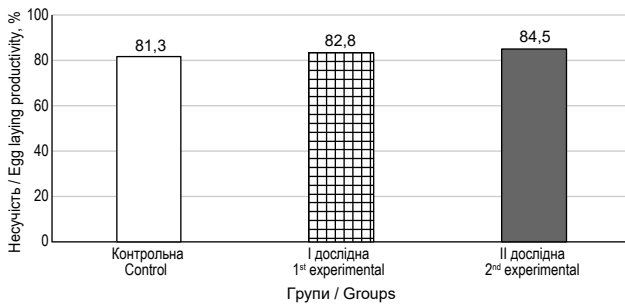
*Note.* Here and further \* —  $P < 0,05$ ; \*\* —  $P < 0,01$ ; \*\*\* —  $P < 0,001$  compared to the control.

**Таблиця 2.** Морфометричні показники якості яєць ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )  
**Table 2.** Morphometric indicators of egg quality ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

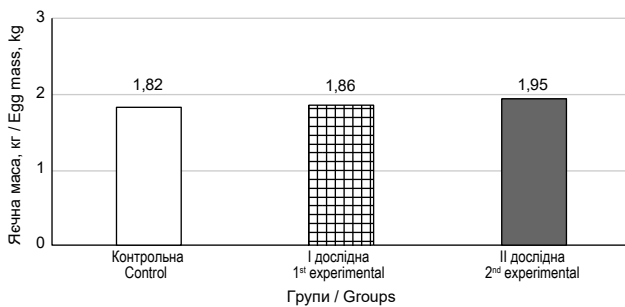
Показники Parameters	Групи / Groups		
	Контрольна Control	I дослідна 1 <sup>st</sup> experimental	II дослідна 2 <sup>nd</sup> experimental
Маса яйця, г Egg weight, g	61,25±0,56	62,71±0,27*	62,67±0,32*
Маса білка, г Egg white weight, g	36,97±0,29	38,07±0,22*	38,11±0,34*
Маса жовтка, г Yolk weight, g	16,03±0,27	15,98±0,11	15,99±0,19
Маса шкаралупи, г Shell weight, g	8,25±0,12	8,66±0,19	8,57±0,24
pH білка Egg white pH	8,87±0,14	8,95±0,02	8,93±0,16
pH жовтка Yolk pH	6,65±0,12	6,69±0,06	6,56±0,08

**Таблиця 3.** Вплив зміни рівня протеїну в раціонах курей на біохімічні показники якості жовтків яєць ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )  
**Table 3.** The effect of changing the protein level in the hens diet on biochemical indicators of the egg yolks quality ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

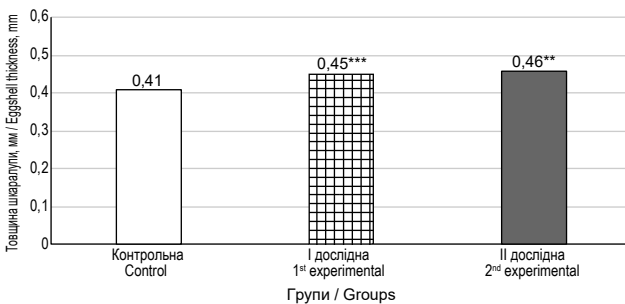
Показник Parameter	Група / Group		
	Контрольна Control	I дослідна 1 <sup>st</sup> experimental	II дослідна 2 <sup>nd</sup> experimental
Розчинні протеїни, г/кг Soluble proteins, g/kg	150,38±2,17	158,13±2,04*	161,78±3,33*
Загальні ліпіди, г/кг Total lipids, g/kg	298,48±3,13	316,60±2,28**	314,51±2,21**
Класи ліпідів / Classes of lipids, %:			
Фосфоліпіди Phospholipids	23,17±0,65	24,91±0,69	25,14±0,70**
Моно- і диацил- гліцероли Mono- and diacyl- glycerols	9,48±0,21	9,81±0,19	9,62±0,08
Вільний холестерол Free cholesterol	10,11±0,19	10,36±0,15	9,47±0,11*
НЕЖК / NEFA	9,75±0,09	9,97±0,09*	9,22±0,08*
Триацилгліцероли Triacylglycerols	37,09±0,93	35,8±0,89	37,26±0,74
Ефіри холестеролу Cholesterol esters	10,40±0,17	9,15±0,06***	9,31±0,07**



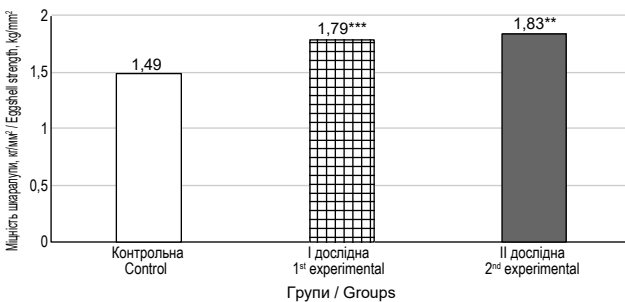
**Рис. 1.** Показники несучості курей за умови зміни якісного і кількісного складу раціону, %  
**Fig. 1.** Indicators of hens' egg laying productivity under changes in the qualitative and quantitative composition of the diet, %



**Рис. 2.** Кількість яєчної маси на середню несучку за період дослідження, кг  
**Fig. 2.** The amount of egg mass per average laying hen during the experiment, kg



**Рис. 3.** Товщина шкаралупи яєць, мм  
**Fig. 3.** The thickness of the eggshell, mm



**Рис. 4.** Міцність шкаралупи яєць, кг/мм²  
**Fig. 4.** The strength of the eggshell, kg/mm²

Водночас дослідження інших вчених вказують на те, що за збільшення пористості та шорсткості шкаралупи, а також зменшення її товщини, спостерігають процеси, пов'язані зі зміною інтенсивності забарвлення шкаралупи, яке стає неоднорідним [5].

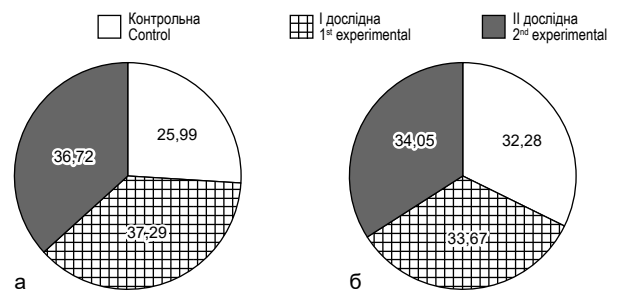
Представлені результати щодо якості яєчної шкаралупи підтверджуються отриманими нами даними про вміст Кальцію в крові та жовтках яєць курей (рис. 5). Зокрема, показано, що введення до раціону курей дослідних груп досліджуваного протеїнового концентрату призводить до підвищення вмісту Са в плазмі крові птиці на 11% порівняно з аналогами контролю.

Варто звернути увагу на деяку специфічність акумуляції Са в жовтку яєць (рис. 5б), виявлену нами в процесі проведення досліджень. Встановлено, що хоч характер змін і був подібним до динаміки вмісту елемента в крові, однак міжгрупова різниця показників була меншою, а саме у жовтках яєць курей першої дослідної групи концентрація Са перевищувала показники контрольної групи лише на 1,4%, а другої — на 1,8% і прямо не залежала від якості та кількості протеїну в кормі.

Очевидно, такий перерозподіл обумовлений тим, що через відсутність плаценти (як у ссавців) ембріони птиці повинні отримувати всі необхідні поживні та біологічно активні речовини саме з жовтка. Адже, не зважаючи на те, що 99% неорганічної частини шкаралупи яйця становить кальцію карбонат, його використання можливе лише на пізніх стадіях розвитку ембріона, а в перші 10–12 діб інкубації це неможливо [11].

Проведений аналіз результатів визначення розчинних протеїнів (табл. 3) у жовтках яєць показав, що їх вміст був вищим у курей дослідних груп. Зауважимо істотне його зростання на 7,6% ( $P < 0,01$ ) у жовтках яєць птиці другої дослідної групи порівняно з аналогами контролю, хоч у жовтках яєць, знесених курочками першої дослідної групи, він також збільшувався — на 5,2% ( $P < 0,01$ ).

Можна припустити, що такі результати досліджень свідчать про інтенсифікацію процесів засвоєння та подальшу трансформацію протеїнів корму із раціонів, які містили соняшниково-протеїновий концентрат.



**Рис. 5.** Вміст Са в крові (а) та в жовтках яєць (б), %  
**Fig. 5.** Ca content in blood (a) and egg yolks (b), %

Ліпіди — необхідні компоненти всіх клітин без винятку. Щодо синтезу ліпідів жовтка яйця, то тут використовуються ліпопротеїни плазми крові, які утворюються в печінці й транспортуються до яйцепроводу, де трансформуються в ліпіди жовтка [14].

З'ясовано, що введення до раціонів курей кормового концентрату «Проглот» навіть за зменшення рівня протеїну (друга дослідна група) сприяло збільшенню вмісту загальних ліпідів у жовтках приблизно на 6% ( $P < 0,01$ ). При цьому ліпіди жовтків яєць несучок першої дослідної групи характеризувалися вірогідним підвищенням відносного вмісту НЕЖК на 2,3% ( $P < 0,05$ ), а другої дослідної — підвищенням фосфоліпідів на 8,5% ( $P < 0,01$ ) порівняно з контролем.

Водночас спостерігали зниження відносного вмісту ефірів холестеролу в жовтках яєць обидвох дослідних груп.

Відомо, що жовток містить у вигляді насичених та ненасичених жирних кислот з трьохатомним спиртом гліцеролом основну частину енергії, необхідної для майбутнього розвитку пташиного ембріона. Ми не встановили вірогідних відхилень рівня триацилгліцеролів у жовтках яєць птиці дослідних груп порівняно з контролем.

## Висновки

Максимальне збільшення в раціонах курей-несучок частки перетравного протеїну та зменшення фракції протеїну, яка засвоєнню не підлягає, введенням кормового концентрату «Проглот» позитивно впливає на інтенсивність обмінних процесів в організмі курей-несучок у процесі синтезу компонентів яєць. При цьому забезпечується підвищення несучості птиці та покращення якості отриманої продукції.

У результаті згодовування досліджуваних комбікормів несучість курей 2-ої дослідної групи, в раціоні якої максимально збільшували частку перетравного протеїну, перевищує показники контрольної та 1-ої дослідної групи на 5,1 та 4,6% відповідно; міцніша шкаралупа яєць ( $P < 0,01$ ), що узгоджується з підвищенням концентрації Кальцію в крові; більша маса яєць за рахунок зростання абсолютної маси білка ( $P < 0,05$ ).

Додавання до корму курей дослідних груп вищевказаного протеїнового концентрату призводить до деякого зростання відносної кількості фосфоліпідів, моно- і диацилгліцеролів ( $P < 0,01$ – $0,001$ ) за одночасного зниження рівня триацилгліцеролів ( $P < 0,001$ ) порівняно з птицею контрольної групи. У птиці дослідних груп встановлено зменшення вмісту вільного холестеролу на 2,5% і 2,8% відповідно. При цьому не змінюється відносний рівень етерифікованого холестеролу.

## Перспективи подальших досліджень

Дослідження ефективності введення в раціон курей соняшникового концентрату «Проглот» протеїну з метою зниження конверсії корму та викидів азотових сполук у довкілля.

1. Adeleye OO, Otakoya IO, Fafolu AO, Alabi JO, Egbeyale LT, Idowu OMO. Serum chemistry and gut morphology of two strains of broiler chickens to varying interval of post hatch feeding. *Vet. Anim. Sci.* 2018; 5: 20–25. DOI: 10.1016/j.vas.2017.12.001.
2. Akinyemi F, Adewole D. Environmental stress in chickens and the potential effectiveness of dietary vitamin supplementation. *Front. Anim. Sci.* 2021; 2. DOI: 10.3389/fanim.2021.775311.
3. Alshamy ZA, Richardson KC, Harash G, Hünigen H, Röhe I, Hafez HM, Plendl J, Al Masri S. Structure and age-dependent growth of the chicken liver together with liver fat quantification: A comparison between a dual-purpose and a broiler chicken line. *PLoS ONE.* 2019; 14 (12): e0226903. DOI: 10.1371/journal.pone.0226903.
4. Han GP, Kim JM, Kang HK, Kil DY. Transcriptomic analysis of the liver in aged laying hens with different intensity of brown eggshell color. *Anim. Biosci.* 2021; 34 (5): 811–823. DOI: 10.5713/ajas.20.0237.
5. Hristakieva P, Oblakova M, Mincheva N, Lalev M, Kaliashva K. Phenotypic correlations between the egg weight, shape of egg, shell thickness, weight loss and hatchling weight of turkeys. *Slovak J. Anim. Sci.* 2017; 50 (2): 90–94. Available at: <https://office.sjas-journal.org/index.php/sjas/article/view/143>
6. Kidd MT, Maynard CW, Mullenix GJ. Progress of amino acid nutrition for diet protein reduction in poultry. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2021; 12: 45. DOI: 10.1186/s40104-021-00568-0.
7. Kucheruk ND, Zasekin DA. Laying hens feeding in organic farming. *Biol. Tvarin.* 2020; 22 (2): 58–64. DOI: 10.15407/animbiol22.02.058. (in Ukrainian)
8. Kumar D, Raginski C, Schwean-Lardner K, Classen HL. Assessing the performance response of laying hens to intake levels of digestible balanced protein from 27 to 66 weeks of age. *Can. J. Anim. Sci.* 2018; 98 (4): 801–808. DOI: 10.1139/cjas-2017-0132.
9. Mokliachuk L, Plakusiuk L. Agroecological system adaptation to the climate changes at the stage of transition from traditional to organic agriculture. *Balanced Nat. Management.* 2016; 2: 66–70. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp\\_2016\\_2\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2016_2_15). (in Ukrainian)
10. Ravindran V, Abdollahi MR. Nutrition and digestive physiology of the broiler chick: state of the art and outlook. *Animals.* 2021; 11 (10): 2795. DOI: 10.3390/ani11102795.
11. Tahara Y, Obara K, Kamihira M. Calcium carbonate supplementation to chorioallantoic membranes improves hatchability in shell-less chick embryo culture. *J. Biosci. Bioeng.* 2021; 131 (3): 314–319. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2020.11.001.
12. Van Harn J, Dijkslag M, Krimpen M. Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers. *Poult. Sci.* 2019; 98 (10): 4868–4877. DOI: 10.3382/ps/pez229.
13. Wolc A, Settar P, Fulton JE, Arango J, Rowland K, Lubritz D, Dekkers JCM. Heritability of perching behavior and its genetic relationship with incidence of floor eggs in Rhode Island Red chickens. Heritability of perching behavior and its genetic relationship with incidence of floor eggs in Rhode Island Red chickens. *Genet. Select. Evol.* 2021; 53: 38. DOI: 10.1186/s12711-021-00630-5.
14. Xiao N, Zhao Y, Yao Y, Wu N, Xu M, Du H, Tu Y. Biological activities of egg yolk lipids: a review. *J. Agr. Food Chem.* 2020; 68 (7): 1948–1957. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b06616.
15. Yadav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2019; 10: 2. DOI: 10.1186/s40104-018-0310-9.



## Laying hens productivity and quality of eggs at changing the qualitative and quantitative composition of feed protein

I. Ratych, A. Hunchak, Ya. Sirko, O. Stefanyshyn, B. Kyryliv, I. Chomyk  
a\_gunchak@ukr.net

Institute of Animal Biology NAAS,  
38 V. Stus str., Lviv, 79034, Ukraine

Egg production characterizes not only the economic efficiency of the poultry industry, but also the effect of various factors that contribute to the realization of the genetic potential in modern high-yielding breeds, crosses and lines, or suppress its processes. These factors include nutrition, which should take into account diet balancing according to certain nutrients, as well as their qualitative indicators. Nowadays on the feed market for farm animals there are the products characterized not only by a high protein content, but also by a high digestibility. Among others, a new innovative product — a sunflower concentrate “Proglot” developed by specialists of the “Potoky” Dnipro plant is noteworthy. According to the developers, in its manufacturing a unique nanotechnologies of sunflower seed processing were used — low-temperature extraction with maximal separation of the husk. Thus, “Proglot” can be more valuable for use in poultry feeding than high-protein soybean meal, due to the absence of “anti-nutrient” substances. The article presents the results of the study aimed to find out the productive qualities of laying hens fed a highly digestible protein with a high assimilation ratio into their diet. The experiment was conducted on the Lohmann brown breed laying hens. The control group received a compound feed containing soybean meal and sunflower meal (crude protein 17%), the 1<sup>st</sup> experimental group — soybean meal and “Proglot” (high-protein concentrate crude protein 17%), and the 2<sup>nd</sup> experimental group — high-protein concentrate only (crude protein 15%). It was established that the replacement of soybean meal in the complex ration compound feed with the innovative product “Proglot” does not cause significant intergroup differences in the body weight of the hens during the experimental period. It was shown that the maximum increase in the proportion of digestible protein in the hens’ diet and the reduction of the fraction of protein that cannot be assimilated has a positive effect on the intensity of metabolic processes in the body of laying hens during the synthesis of egg components. At the same time, the poultry productivity increases: the indicators of laying hens of the 2<sup>nd</sup> research group exceeded the indicators of the analogues of the control and the 1<sup>st</sup> research groups by 2 and 4% ( $P<0.05$ ), respectively, and the quality of the obtained products increases too — the absolute mass of egg protein ( $P<0.05$ ) and shell strength ( $P<0.01$ ).

**Key words:** laying hens, egg production, egg quality, “Proglot” sunflower concentrate



## Сучасний стан зоопланктону Каховського водосховища

Н. Я. Рудик-Леуська, М. І. Хижняк, А. А. Макаренко, М. В. Леуський

rudyk-leuska@ukr.net, khyzhnack\_m@ukr.net, almakarenko912@gmail.com, leuskyk@ukr.net

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

Розглянуто сучасний стан кількісного та якісного розвитку зоопланктону Каховського водосховища. Встановлено видовий склад, представленість таксономічних груп, визначено чисельність та біомасу зоопланктону в літній період 2020–2021 рр. Середня чисельність зоопланктону в літній період 2020 р. на досліджених ділянках (с. Біленьке, р/з Біленьке-Малокатеринівка, р-н с. Малокатеринівка) становила 40833 екз./м<sup>3</sup> за біомаси 0,245 г/м<sup>3</sup>, влітку 2021 р. — 110932 екз./м<sup>3</sup> за біомаси 0,652 г/м<sup>3</sup>. Основу чисельності та біомаси зоопланктону влітку 2020 р. формували коловертки (76% та 86%). Гіллястовусі як за чисельністю, так і за біомасою (5% і 7%) та веслоногі ракоподібні (18% та 6% відповідно) мали значно менший рівень розвитку у водосховищі. У незначній кількості (1%) та біомасі (0,1%) траплялась личинка *Dreissena polymorpha*. У літній період 2021 р. основу чисельності та біомаси зоопланктону також формували коловертки (72% та 68%). Гіллястовусі, як за чисельністю (8%), так і за біомасою (14%), та веслоногі ракоподібні (19% та 18%, відповідно) досягли меншого рівня розвитку у водоймі. Як і попереднього року, спостерігали личинку *D. polymorpha* в незначній кількості (1%) та біомасі (0,1%). Влітку 2020 р. основу чисельності та біомаси коловерток формували: *Asplanchna brightwelli* (24% та 40%), *Asplanchna priodonta* (7% і 24%), *Synchaeta pectinata* (13% і 8%), *Brachionus calyciflorus* (6% і 6%), *Euchlanis dilatata* (6% і 2% відповідно), в літній період 2021 р. — *A. brightwelli* (16% і 27%), *A. priodonta* (5% і 19%), *S. pectinata* (12% і 8%), *E. dilatata* (7% і 2%), *B. calyciflorus* (6% і 6%), *Brachionus diversicornis* (5% і 2% відповідно). Серед гіллястовусих ракоподібних у 2020 р. за чисельністю (4%) і біомасою (7%) домінував *Chydorus sphaericus*, у 2021 р. за чисельністю (7%) та біомасою (12%) також переважав *C. sphaericus*. У 2020 р. веслоногі ракоподібні у водоймі переважно представлені наупліальними (17% та 6%) стадіями, а у 2021 р. — наупліальними (12% і 4%) та копеподними (4% і 3%) стадіями, а також *Diaptomus* juv. (1% і 8%), *Cyclops* sp. (2% і 3% відповідно).

**Ключові слова:** зоопланктон, Каховське водосховище, чисельність, біомаса

Одним з важливих етапів дослідження гідроєко-систем водойм є вивчення зоопланктону. Насамперед це обумовлено тим, що зоопланктери є невід'ємною складовою угруповань пелагіалі, адже вони відіграють велику роль у продукції, а також метаболізмі гідроєко-систем та є потужним блоком трансформації енергії у водних об'єктах. Дані щодо структури угруповань зоопланктону є досить цінними, оскільки у веденні гідробіологічного моніторингу за водоймами, розташованими в межах населених пунктів, вони відіграють провідну роль в оптимізації взаємодій між людиною та довкіллям. В наш час вивчення закономірностей формування механізмів гомеостазу в трансформованих екосистемах є однією із найважливіших вимог. Таким чином, вивчення структури і динамічних ха-

рактеристик популяції гідробіонтів є необхідним елементом вироблення основ взаємовідносин з водними екосистемами.

Дослідження різноманіття і біомаси зоопланктону Каховського водосховища має вагоме значення для розуміння певних особливостей функціонування водних екосистем різних природно-територіальних комплексів. Зоопланктоном живиться молодняк майже всіх видів риб, дорослі риби-фільтратори, деякі бентосні і пелагічні організми, які згодом використовує в їжу риба. Тривалий час регулярних досліджень із чисельності, біорізноманіття і біомаси зоопланктону в Каховському водосховищі не проводили, тому, попри зростання інтересу до цього питання за останні роки, на жаль, ми не маємо повного обсягу даних на сьогодні.

Каховське водосховище — одне з шести великих штучно створених водних об'єктів Європи, статус якого як водойми комплексного призначення передбачає інтенсивну рибогосподарську експлуатацію [3]. Водосховище було створено у 1955–1958 рр. на Дніпрі при будівництві Каховської ГЕС. Водойма займає велику степову зону, є самою нижньою у каскаді Дніпровських водосховищ. Загальна площа водосховища становить 2155 км<sup>2</sup>, довжина — 230 км, довжина берегової лінії — 896 км, середня ширина — 9,4 км, середня глибина — 8,5 м; максимальна глибина біля греблі — близько 36 м [4, 7, 20].

Дослідження з вивчення рівня розвитку зоопланкtonу Каховського водосховища проводили низка вчених протягом багатьох років — починаючи зі встановлення водосховища і до сьогодні [4, 12, 13, 21].

Зоопланкton Каховського водосховища у перший же період його заповнення (липень-вересень 1955 р.) формувався під безпосереднім впливом Запорізького водосховища. У перший період існування водосховища на формування зоопланкtonу вплинули також багаточисельні біофони затоплених водойм заплави. Відбулося змішування видів-мешканців цих водойм і тих, які надходили з Запорізького водосховища. Це й зумовило багатство та різноманітність видового складу зоопланкtonу Каховського водосховища. Протягом найближчих двох років було сформовано основне видове ядро складу зоопланкtonних організмів. З коловерток переважали *Asplanchna priodonta*, декілька видів із родів *Brachionus*, *Keratella*, *Filinia*, *Euchlanis dilatata*; із веслоногих рачків — *Acanthocyclops americanus*, *Mesocyclops crassus*, *Cyclops vicinus*, *Cyclops strenuus* та з гіллястовусих рачків — *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia hyalina*, *Bosmina*, *Chydorus sphaericus*, *Leptodora kindtii* і деякі інші. Масово розвивалися личинки дрейсени. У кількісному співвідношенні домінуючого положення в умовах озерного режиму водосховища набули гіллястовусі рачки. Наприклад, у липні-вересні 1955 р. в пригреблевій ділянці водосховища біомаса зоопланкtonу (переважно ракоподібних) за два-три місяці зросла в 19 разів — з 276 до 5198 мг/м<sup>3</sup>. Бурхливий розвиток зоопланкtonу тривав перші три-чотири роки існування водосховища, коли спостерігався загальний «спалах трофії» за рахунок біогенних речовин, які надходили з дна і від затопленої рослинності, що перегнивала [13].

Протягом перших 3–4 років після «спалаху трофії» відбувалося поступове зниження величини біомаси зоопланкtonу, що переважно визначалося процесами становлення біологічного режиму водосховища. Проте з 1959–1960 рр. сталося особливо різке зниження біомаси зоопланкtonу. У ці роки у водосховище проникла тюлька (планктофаг) та низка хижих лиманно-каспійських ракоподібних *Cercopagis pengoi*, *Parathelphusa ovum*, які разом з лептодору утворили суттєвий трофічний прес виїдання щодо «мирних» видів зоопланкtonу. Різке зниження біомаси зоопланкtonу збіглося в часі зі збільшенням уловів тюльки, тобто

масовим розмноженням у Каховському водосховищі, особливо у 1966–1968 рр., коли вилловлювали по 18,4–27 тис. ц на рік. Г. Н. Сигіневич, який виконав у 1966 р. облік запасів тюльки у Каховському водосховищі та дослідження зоопланкtonу, показав, що тюлька споживала за рік близько 88500 т зоопланкtonу — 410 г/м<sup>3</sup>. Таким чином, прес хижаків є одним із найпотужніших чинників регуляції чисельності зоопланкtonу. Водночас тюлька стала суттєвим конкурентом інших рибпланктофагів (уклея, чехонь, синець), улови яких знижувалися зі збільшенням промислу тюльки [21].

Пізніше фіксували коливання ступеня продуктивності Каховського водосховища, зумовлені переважно відмінностями гідрометеорологічних умов та характеру водного стоку, особливо у літній період. У 1971–1973 рр. відзначалося поступове зростання біомаси зоопланкtonу відкритої частини водосховища — навесні вона змінилася від 0,47–0,97 г/м<sup>3</sup> у 1971 р. до 1,34 і 2,37 г/м<sup>3</sup> у 1972 і 1973 р. [12]. Відзначено також незвичайне для літнього планкtonу збільшення біомаси коловерток у 1972 та 1973 р. — до 1,06–1,68 г/м<sup>3</sup>. Різке зниження чисельності ракоподібних пояснюється тим, що саме у ці роки в середній і нижній частині водосховища виявлено масові скупчення тюльки, яка виїдала переважно більші форми зоопланкtonу, тобто ракоподібних. Подібна ситуація була і в 1981 р.: біомаса зоопланкtonу в липні знижувалася від верхніх ділянок водосховища до нижніх — відповідно, 1,5 та 0,5 г/м<sup>3</sup>. 3 травня ж спостерігалася зворотна картина: максимальна біомаса була відзначена в нижній частині — 0,5 г/м<sup>3</sup>, проте домінували коловертки. Потенційна рибопродуктивність, розрахована для зоопланктофагів за продукцією зоопланкtonу, в різні роки становила від 90 до 633,6 до кг/га, величина її була прямо залежною як від кількісного розвитку зоопланкtonу, так і його трофічної структури [13].

У 1990 р. структуротворчими видами угруповань зоопланкtonу руслової ділянки Каховського водосховища були *Bosmina longirostris*, *Keratella quadrata*. За результатами досліджень 1997–1998 рр. комплекс домінуючих видів змінився і був представлений суто ракоподібними — *Scapholeberis mucronata*, *Chydorus sphaericus*, *Eudiaptomus vulgaris*, *Eucyclops serrulatus*. У 2014 р. структуротворчими видами і формами зоопланкtonу були переважно коловертки — *Trichocerca (s. str.) pusilla*, *Keratella Cochlearis tecta*, *Colurela colurus* та веслоногі *E. vulgaris* [6].

Процеси формування біологічної продуктивності Каховського водосховища пов'язані зі значною як часовою, так і просторовою мінливістю. Це зумовлене насамперед тим, що екосистема Каховського водосховища зазнає постійного впливу через комплекс зовнішніх чинників, окремі складники якого характеризуються нестабільністю, а також різновекторністю. Дані, які показують стан зоопланкtonу, можна отримати тільки в межах постійної системи моніторингу. В умовах постійних змін як гідрологічного режиму Каховського водосховища, так і антропогенного навантаження на

екосистему виникає необхідність у продовженні робіт із вивчення динаміки основних показників зоопланктону. Вивчення трофічного статусу Каховського водосховища є одним з основних наукових завдань.

Згідно із сучасними таксономічними підходами, здійснено фауністичний аналіз зоопланктону Каховського водосховища в літній період. Оцінено видове різноманіття рядів *Rotifera*, *Cladocera*, *Copepoda*. Проведено оцінку біопродукційного потенціалу та потенційної рибопродуктивності водосховища на сучасному етапі (2020–2021 рр.).

Роль зоопланктону у житті водойми велика. Живлячись, зоопланктон бере участь в процесі самоочищення водойми. Зоопланктери споживають бактерії, що знижує чисельність останніх і стимулює розмноження та процеси бактеріального очищення. Таким чином, зоопланктон діє як природний бактеріальний фільтр. Зоопланктон впливає на чисельність фітопланктону, здебільшого на зелені водорості, що, у свою чергу, впливає й на кисневий режим. За дуже великих кількостей зоопланктону у водоймах можливе зниження кисню до мінімальних величин. Відмираючи, зоопланктонні організми стають їжею для бактерій і сприяють нагромадженню детриту.

## Матеріали та методи

Дослідження зоопланктону Каховського водосховища проводили в літній період 2020–2021 рр. на ділянках с. Біленьке, р/з Біленьке-Малокатеринівка, р-н с. Малокатеринівка. Проби зоопланктону відбирали з поверхневого шару водойми за допомогою планктонної сітки Апштейна (сито №72) методом фільтрування через сітку 100 дм<sup>3</sup> води. Після відбирання пробу консервували 4% формаліном. Камеральну обробку проб проводили загальноприйнятим у гідробіології лічильно-ваговим методом у камері Богорова під стереоскопічним мікроскопом МБС-9 [1]. Організми зоопланктону ідентифікували до виду за допомогою визначників [10, 11, 14, 15, 22, 23]. Індивідуальну масу організмів визначали за таблицями індивідуальних мас [16, 17]. Чисельність та біомасу розраховували на 1 м<sup>3</sup>.

## Результати

Чисельність зоопланктону в літній період на досліджених ділянках Каховського водосховища становила 40833 екз./м<sup>3</sup> за біомаси 0,245 г/м<sup>3</sup>. Основу чисельності та біомаси зоопланктону формували коловертки (76% і 86% відповідно). Гіллястовусі як за чисельністю, так і за біомасою (5% та 7%) та веслоногі ракоподібні (18% та 6% відповідно) мали значно менший рівень розвитку. У незначній кількості (1%) та біомасі (0,1%) траплялася личинка *Dreissena polymorpha* (табл. 1).

Основу чисельності та біомаси коловерток формували: *Asplanchna brightwelli* (24% та 40%), *A. priodonta*

(7% та 24%), *Synchaeta pectinata* (13% та 8%), *Brachionus calyciflorus* (6% та 6%), *E. dilatata* (6% та 2%, відповідно). Серед гіллястовусих ракоподібних по чисельності (4%) та по біомасі (7%) домінував *C. sphaericus*. Веслоногі ракоподібні у водоймі представлені переважно наупліальними стадіями (17% та 6%) (рис. 1).

Розрахункова потенційна продукція зоопланктону за вегетаційний сезон може скласти 220,5 кг/га, а можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання зоопланктону — 5,6 кг/га.

Чисельність зоопланктону в літній період 2021 р. на досліджених ділянках Каховського водосховища становила 110932 екз./м<sup>3</sup> за біомаси 0,652 г/м<sup>3</sup>. Основу чисельності та біомаси зоопланктону формували коловертки (72% та 68%). Гіллястовусі як за чисельністю (8%), так і за біомасою (14%) та веслоногі ракоподібні (19% та 18% відповідно) набули дещо меншого рівня розвитку у водосховищі. Також в незначній кількості (1%) та біомасі (0,1%) траплялася личинка *D. polymorpha* (табл. 2).

Основу чисельності та біомаси коловерток формували: *A. brightwelli* (16% і 27%), *A. priodonta* (5% і 19%), *S. pectinata* (12% та 8%), *E. dilatata* (7% і 2%), *B. calyciflorus* (6% і 6%), *Brachionus diversicornis* (5% і 2% відповідно). Серед гіллястовусих ракоподібних за чисельністю (7%) і біомасою (12%) домінував *C. sphaericus*. Веслоногі ракоподібні у водоймі переважно представлені наупліальними (12% та 4%) та копеподними (4% та 3%) стадіями, *Diaptomus* juv. (1% і 8%), *Cyclops* sp. (2% і 3% відповідно) (рис. 2).

Потенційна продукція зоопланктону за вегетаційний сезон може скласти 586,8 кг/га, а можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання зоопланктону — 15,3 кг/га.

## Обговорення

Дослідження інших науковців показали, що у Каховському водосховищі зоопланктон представлений переважно інфузоріями, коловертками, гіллястовусими та веслоногими ракоподібними, велігерами та 16 видами молюсків. У верхній ділянці через значну швидкість течії переважають коловертки, за просування до греблі збільшується частка ракоподібних. До видів, які визначають риси фауни водосховища, належать: коловертки *B. calyciflorus*, *K. cochlearis*, *E. dilatata*, *A. priodonta*, гіллястовусі рачки: *Daphnia cucullata*, *B. longirostris*, веслоногий рачок *A. americanus*. Кількісні показники біомаси зоопланктону характеризуються значною просторовою мінливістю: у весняний період 2012 р. на окремих станціях — до 3,5 г/дм<sup>3</sup>. Показники середньосезонної біомаси коливаються у межах 0,84–1,98 г/м<sup>3</sup>, загальної біомаси зоопланктону — 0,9–2,0 г/м<sup>3</sup>. Спостерігається нарощування біомаси від вершини до пониззя, тобто найбільш продуктивною за зоопланктоном є верхня частина водосховища, де його біомаса досягає 3,0 г/м<sup>3</sup>



**Таблиця 1.** Середні кількісні показники зоопланктону Каховського водосховища в літній період 2020 р.,  $\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ **Table 1.** Average quantitative indicators of zooplankton of the Kakhovka reservoir in the summer of 2020,  $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$ 

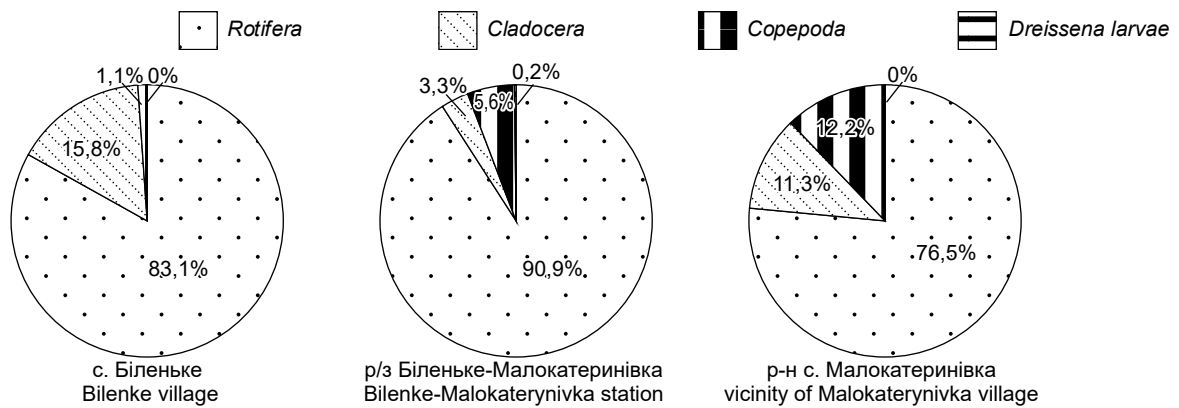
Групи організмів Groups of organisms	с. Біленьке Bilenke village		р/з Біленьке- Малокатеринівка Bilenke-Malokaterynivka station		р-н с. Малокатеринівка vicinity of Malokaterynivka village		Середня Average	
	$\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$	%	$\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$	%	$\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$	%	$\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$	%
<i>Rotifera</i>	<u>26600</u> 0,110	<u>90,5</u> 83,1	<u>48300</u> 0,391	<u>78,4</u> 90,9	<u>18200</u> 0,132	<u>57,8</u> 76,5	<u>31033</u> 0,210	<u>76,0</u> 86,1
<i>Cladocera</i>	<u>2100</u> 0,021	<u>7,1</u> 15,8	<u>1400</u> 0,014	<u>2,3</u> 3,3	<u>2800</u> 0,020	<u>8,9</u> 11,3	<u>2100</u> 0,018	<u>5,1</u> 7,4
<i>Copepoda</i>	<u>700</u> 0,001	<u>2,4</u> 1,1	<u>11200</u> 0,025	<u>18,2</u> 5,6	<u>10500</u> 0,021	<u>33,3</u> 12,2	<u>7467</u> 0,016	<u>18,3</u> 6,4
<i>Dreissena larvae</i>	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>700</u> 0,001	<u>1,1</u> 0,2	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>233</u> 0,001	<u>0,6</u> 0,1
<b>РАЗОМ TOTAL</b>	<b><u>29400</u> <u>0,132</u></b>	<b><u>100,0</u> <u>100,0</u></b>	<b><u>61600</u> <u>0,431</u></b>	<b><u>100,0</u> <u>100,0</u></b>	<b><u>31500</u> <u>0,173</u></b>	<b><u>100,0</u> <u>100,0</u></b>	<b><u>40833</u> <u>0,245</u></b>	<b><u>100,0</u> <u>100,0</u></b>
З них / Including: Фільтратори Filters	<u>28000</u> 0,104	<u>95,2</u> 78,8	<u>30100</u> 0,090	<u>48,9</u> 21,0	<u>25200</u> 0,061	<u>80,0</u> 35,2	<u>27767</u> 0,085	<u>68,0</u> 34,8
Хижачи Predators	<u>1400</u> 0,028	<u>4,8</u> 21,2	<u>31500</u> 0,340	<u>51,1</u> 79,0	<u>6300</u> 0,112	<u>20,0</u> 64,8	<u>13067</u> 0,160	<u>32,0</u> 65,2

**Таблиця 2.** Середні кількісні показники зоопланктону Каховського водосховища в літній період 2021 р.,  $\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ **Table 2.** Average quantitative indicators of zooplankton of the Kakhovka reservoir in the summer of 2021,  $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$ 

Групи організмів Groups of organisms	с. Біленьке Bilenke village		р/з Біленьке- Малокатеринівка Bilenke-Malokaterynivka station		р-н с. Малокатеринівка vicinity of Malokaterynivka village		Середня Average	
	$\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$	%	$\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$	%	$\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$	%	$\frac{\text{екз./м}^3}{\text{г/м}^3}$ $\frac{\text{specimens/m}^3}{\text{g/m}^3}$	%
<i>Rotifera</i>	<u>73312</u> 0,281	<u>76,7</u> 60,6	<u>109613</u> 0,782	<u>74,5</u> 75,5	<u>57560</u> 0,268	<u>63,9</u> 59,1	<u>80161</u> 0,444	<u>72,3</u> 68,2
<i>Cladocera</i>	<u>9177</u> 0,092	<u>9,6</u> 19,8	<u>7045</u> 0,07	<u>4,8</u> 6,8	<u>11903</u> 0,103	<u>13,2</u> 22,8	<u>9375</u> 0,089	<u>8,5</u> 13,6
<i>Copepoda</i>	<u>13103</u> 0,091	<u>13,7</u> 19,6	<u>28739</u> 0,181	<u>19,5</u> 17,5	<u>20444</u> 0,082	<u>22,7</u> 18,1	<u>20762</u> 0,118	<u>18,7</u> 18,1
<i>Dreissena larvae</i>	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1750</u> 0,002	<u>1,2</u> 0,2	<u>151</u> 0,001	<u>0,2</u> +	<u>634</u> 0,001	<u>0,5</u> 0,1
<b>РАЗОМ TOTAL</b>	<b><u>95592</u> <u>0,464</u></b>	<b><u>100,0</u> <u>100,0</u></b>	<b><u>147147</u> <u>1,035</u></b>	<b><u>100,0</u> <u>100,0</u></b>	<b><u>90058</u> <u>0,454</u></b>	<b><u>100,0</u> <u>100,0</u></b>	<b><u>110932</u> <u>0,652</u></b>	<b><u>100,0</u> <u>100,0</u></b>
З них / Including: Фільтратори Filters	<u>89819</u> 0,369	<u>94</u> 79,5	<u>86965</u> 0,363	<u>59,1</u> 35,1	<u>78717</u> 0,265	<u>87,4</u> 58,4	<u>85167</u> 0,333	<u>76,8</u> 51,1
Хижачи Predators	<u>5773</u> 0,095	<u>6</u> 20,5	<u>60182</u> 0,672	<u>40,9</u> 64,9	<u>11341</u> 0,189	<u>12,6</u> 41,6	<u>25765</u> 0,319	<u>23,2</u> 48,9

за чисельності 70 тис. екз./м<sup>3</sup>. Середня біомаса зоопланктону у водосховищі оцінюється як 0,55 г/дм<sup>3</sup>, продукція — 847 кг/га, що відповідає середньому рівню кормності водойм [6, 7]. Порівняно з іншими водосховищами Дніпровського каскаду, в Каховському водосховищі спостерігають збіднення видового складу та чисельності планктонних безхребетних, що пов'язане з погіршенням екологічної ситуації.

За даними, отриманими у червні та вересні 2018 р., і за літературними даними Л. М. Самойленко, порівняльна оцінка стану зоопланктонного угруповання на початок 1980-х рр. і в сучасний період показала, що видове багатство зоопланктону в останні роки помітно зросло: загальна кількість видів збільшилась з 91 до 168, тобто майже вдвічі. Відповідно, зросла і кількість родів — з 70 до 91. Найбільше різноманіття просте-



**Рис. 1.** Біомаса основних груп зоопланктону у Каховському водосховищі в 2020 р., %  
**Fig. 1.** Biomass of the main groups of zooplankton in the Kakhovka reservoir in 2020, %



**Рис. 2.** Біомаса основних груп зоопланктону у Каховському водосховищі в 2021 р., %  
**Fig. 2.** Biomass of the main groups of zooplankton in the Kakhovka reservoir in 2021, %

жили для родів *Trichocerca*, *Lecane*, *Brachionus*, *Euchlanis*. Серед інших таксономічних груп масовими є велигери молюска *Dreissena*. Сучасні дослідження на різних ділянках пониззя Дніпра показують, що склад і співвідношення основних таксономічних, екологічних груп та доміантних видів зоопланктону істотно не змінилися порівняно з даними попередніх періодів. Незначні зміни, зареєстровані у 1980-х рр., швидко нівелювалися у подальших роках [19].

Проаналізувавши отримані дані для зоопланктону Каховського водосховища та умови для нагулу риб планктофагів влітку 2020–2021 рр. з точки зору наявності природної кормової бази, яка обумовлює ефективність вирощування риби [2, 8, 9, 18], загалом стан можна оцінити як задовільний. Отримані дані за розвитком зоопланктону, а також його продукція свідчать про цілком задовільну забезпеченість риб-планктофагів природною кормовою базою.

## Висновки

1. У літній період 2020–2021 рр. біомаса зоопланктону Каховського водосховища коливалась у межах 0,245 г/м<sup>3</sup> (2020 р.) до 0,652 г/м<sup>3</sup> (2021 р.), значною мірою формувалась за рахунок коловертток.

2. Продукційні можливості Каховського водосховища влітку 2020–2021 рр. становили від 220,5 до 586,8 кг/га, тобто зоопланктон може забезпечити промисловий вилов риб планктофагів на рівні 25,7–68,5 кг/га.

## Перспективи подальших досліджень

Результати наших досліджень можуть бути використані у подальших моніторингових дослідженнях зміни кількісного та видового складу зоопланктону Каховського водосховища, адже зоопланктон — один із найважливіших компонентів, структурно і функціонально пов'язаних з іншими, що відіграє провідну роль у пелагічному харчовому ланцюжку, оскільки зв'язує між собою первинних продуцентів органічних речовин (фітопланктон), бактеріопланктон та вищі трофічні рівні (переважно риб). Зоопланктон також відіграє важливу екологічну роль у процесах самоочищення водойм внаслідок живлення детритом, бактеріо- та фітопланктоном.

## Дотримання етичних стандартів

Всіх міжнародних, національних і/або інституційних принципів щодо використання риб було дотримано.

1. AArsan OM, Davydov OA, Dyachenko TM, Yevtushenko MY, Zhukinskiy VM. *Methods of Hydroecological Research of Surface Waters*. Ed. by VD Romanenko; Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine. Kyiv, Logos. 2006: 408 p. (in Ukrainian)
2. Biliavtseva V. Methods of wastewater treatment with the help of aquatic organisms. *Colloquium J.* 2021; 17 (104): 54–63. DOI: 10.24412/2520-6990-2021-17104-54-63.
3. Buzevitch IY. Current state of commercial ichthyofauna of the Kakhovka reservoir. *Fisher. Sci. Ukr.* 2008; 4: 4–9. Available at: <https://fsu.ua/index.php/uk/2008/4-2008-6/2008-04-004-009> (in Ukrainian)
4. Denisova AI, Tymchenko VM, Nakhshina EP. *Hydrology and Hydrochemistry of the Dnipro and Its Reservoirs*. Ed. by MA Shevchenko; Institute of Hydrobiology, Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Kyiv, Naukova dumka, 1989: 216 p.
5. Dombrovskiy KO, Bychok SV. Zooplanktonic community structure of the river area of the Kakhovka reservoir littoral. *Bull. Zaporizhzhya Nat. Univer. Biol. Sci.* 2016; 1: 127–138. Available at: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/Vznu\\_bio\\_2016\\_1\\_18.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Vznu_bio_2016_1_18.pdf) (in Ukrainian)
6. Dombrovskiy KO, Korzh OP. Hydrobiological features of the upper basins of the Kakhovka reservoir under conditions of anthropogenic pollution. *Bull. Zaporizhzhya Nat. Univer.* 2006; 1: 64–70. (in Ukrainian)
7. Fedonenko OV, Yesipova NB, Sharamok TS, Marenkov OM. Hydroecological condition of the Kakhovka reservoir. *Iss. Bioind. Ecol.* 2010; 15 (2): 214–222. DOI: 10.1111/j.1835-9310.1985.tb01406.x. (in Ukrainian)
8. Grishin B, Krazhan S, Chuzhma N. Assessment of the development of pond forage base when rearing carp (*Cyprinus carpio carpio*) fish seeds at fish farm “Mercuriy”. *Fisher. Sci. Ukr.* 2015; 3: 34–45. DOI: 10.15407/fsu2015.03.034. (in Ukrainian)
9. Hryhorenko T, Mushyt S, Bazaieva A. Productivity of nursery ponds under the complex exposure to their ecosystem. *Fisher. Sci. Ukr.* 2020; 3 (53): 19–32. DOI: 10.15407/fsu2020.03.019. (in Ukrainian)
10. Kutukova LA. *Rotiferous fauna of the USSR*. Moscow, Nauka Publ., 1970: 744 p.
11. Kutukova LA, Starobogatova YM. *Determinants of freshwater invertebrates in the European part of the USSR*. Leningrad, Nauka, 1977: 477 p.
12. Lytvynenko HH. Fodder base for juvenile fish and planktophagous fish of the Kakhovka Reservoir. *Sat. Fisheries*. Kyiv. 1977; 25: 59–63.
13. Malyarevskaya AY (ed.), Gurvich VV, Gusinskaya SL, Koreliakova IL, Kostikova LE, Kuzmenko MI, Mikhaylenko LE, Nebrat AA, Serheev AI, Skoryk LV, Sukhoyvan PH, Chernohorenko MI, Sherstyuk VV, Boshko EH, Voronchuk LV, Horbik VP, Emelyanova LV, Zubenko EB, Kovalchuk AA, Kurandina DP, Severenchuk NS, Titar VI, Shcherbak V. *Plankton and benthos of the Dnipro reservoirs as a fodder supplies of fish*. Kyiv, 1986: 216 p.
14. Manuilova EF. *Branched crustaceans (Cladocera) fauna of the USSR*. Moscow, Leningrad, Nauka, 1964: 328 p.
15. Monchenko VI. *Jaw-mouthed cyclo-like, cyclops (Cyclopidae)*. Kyiv, Naukova dumka, 1974: 452 p. (in Ukrainian)
16. Mordukhai-Boltovskiy FD. *Materials on the average weight of aquatic invertebrates of the Don basin*. In: Tr. problems and topic. soviet 2. The problem of hydrobiology of inland waters. Moscow, Leningrad, Academy of Sciences USSR, 1954: 223–241.
17. Mordukhai-Boltovskiy FD, Rivier IK. *Predatory branched Podonidae, Polyphemidae, Cercopagidae and Leptodoridae fauna of the world*. Leningrad, Nauka, 1987: 182 p.
18. Pukalo PJ, Bozhyk LJ, Dumych OJ, Tonkonozhenko SM. Conditions for carp growing in feeding ponds of the Yaniv fishery. *Sci. Mess. LNU Vet. Med. Biotechnol. Ser. Agricult. Sci.* 2020; 22 (93): 35–39. DOI: 10.32718/nvlvet-a9306.
19. Samoilenko LM. Assessment of the current state of zooplankton in floodplain reservoirs of the Dnipro. *Sci. reading, On the 90<sup>th</sup> anniversary of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2008; 4: 24–26.
20. Sirenko LA, Havrylenko MY. *Algal Bloom and Eutrophication*. Kyiv, Naukova dumka, 1978: 232 p.
21. Sygynevych GP. Estimation of sprat reserves and the level of zooplankton utilization by it in the Kakhovka Reservoir. *Hydrobiol. J.* 1968; 5: 46–54.
22. Vodyanitskiy VA (ed.), Braiko VD, Bechesku M, Vinogradov KA, Mordukhai-Boltovskiy FD. *Identifier of the fauna of the Black and Azov seas*. Vol. 1. Kyiv, Naukova dumka, 1968: 436 p. Available at: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/ua/elib.exe?Z21ID=&I21DBN=UKRLIB&P21DBN=UKRLIB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=online\\_book&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=FF=&S21STR=ukr0005152](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/ua/elib.exe?Z21ID=&I21DBN=UKRLIB&P21DBN=UKRLIB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=online_book&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=FF=&S21STR=ukr0005152)
23. Vodyanitskiy VA (ed.), Braiko VD, Bechesku M, Vinogradov KA, Mordukhai-Boltovskiy FD. *Identifier of the fauna of the Black and Azov seas*. Vol. 2. Kyiv, Naukova dumka, 1968: 535 p. Available at: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/ua/elib.exe?Z21ID=&I21DBN=UKRLIB&P21DBN=UKRLIB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=online\\_book&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=FF=&S21STR=ukr0005153](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/ua/elib.exe?Z21ID=&I21DBN=UKRLIB&P21DBN=UKRLIB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=online_book&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=FF=&S21STR=ukr0005153)

## The current state of the zooplankton in the Kakhovka reservoir

N. Ya. Rudyk-Leuska, M. I. Khyzhnyak, A. A. Makarenko, M. V. Leuskyi  
 rudyk-leuska@ukr.net, khyzhnak\_m@ukr.net, almakarenko912@gmail.com, leuskyi@ukr.net

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

The current state of the quantitative and qualitative development of zooplankton in the Kakhovka Reservoir is examined. The species composition, the representation of taxonomic groups, the number and biomass of zooplankton in the summer period of 2020–2021 were determined. The average number of zooplankton in the summer of 2020 in the studied areas (Bilenke village, Bilenke-Malokaterynivka station, vicinity of Malokaterynivka village) was 40.833 units/m<sup>3</sup> with the biomass 0.245 g/m<sup>3</sup>, in the summer of 2021 — 110,932 units/m<sup>3</sup> with the biomass 0.652 g/m<sup>3</sup>. Rotifers formed the basis of the number and biomass of zooplankton in the summer of 2020 (76% and 86%). Cladocera both in number and biomass (5% and 7%) and copepod (18% and 6%, respectively) had a significantly lower level of development in the reservoir. *Dreissena polymorpha* larvae were found in a small amount (1%) and biomass (0.1%). In the summer period of 2021, rotifers also formed the basis of the number and biomass of zooplankton (72% and 68%). Cladocera both in number (8%) and biomass (14%), and the copepod (19% and 18%, respectively) reached a lower level of development in the reservoir. As in the previous year, the larva of *D. polymorpha* was found in a small amount (1%) and biomass (0.1%). In the summer of 2020, the basis of the number and biomass of rotifers was formed by: *Asplanchna brightwelli* (24% and 40%), *Asplanchna priodonta* (7% and 24%), *Synchaeta pectinata* (13% and 8%), *Brachionus calyciflorus* (6% and 6%), *Euchlanis dilatata* (6% and 2%, respectively), in the summer of 2021 *A. brightwelli* (16% and 27%), *A. priodonta* (5% and 19%), *S. pectinata* (12% and 8%), *E. dilatata* (7% and 2%), *B. calyciflorus* (6% and 6%), *Brachionus diversicornis* (5% and 2%, respectively). *Chydorus sphaericus* dominated in number (4%) and biomass (7%) among Cladocera in 2020, and *C. sphaericus* also dominated in number (7%) and biomass (12%) in 2021. In 2020, copepod in the reservoir are mainly represented by naupliar (17% and 6%) stages, and in 2021 by naupliar (12% and 4%) and copepod (4% and 3%) stages, as well as *Diaptomus* juv. (1% and 8%), *Cyclops* sp. (2% and 3%, respectively).

**Key words:** zooplankton, Kakhovka Reservoir, number, biomass



## Вплив препарату «Біофосфомаг» на біохімічні показники крові за умов індукованого оксидативного стресу у щурів

*Р. І. Пальонко*

romanpalonko@gmail.com

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

Метою дослідження було вивчення впливу препарату «Біофосфомаг» на біохімічні показники крові за умов індукованого оксидативного стресу у щурів. В експерименті використали 24 тварини-аналоги масою  $200 \pm 20$  г. Тварин розділили на 4 групи по 6 тварин в кожній та утримували на стандартному раціоні з доступом до води *ad libitum*. Перша група слугувала інтактним контролем без оксидативного стресу і його корекції; друга — контрольна з індукованим оксидативним стресом і без його корекції. Третя група внутрішньошлунково отримувала 1% розчин сульфату магнію. Тваринам четвертої групи вводили «Біофосфомаг» (комбінований препарат магнію і фосфору на основі казеїну) у дозі, еквівалентній магнію сульфату за магнієм. Оксидативний стрес індукували одноразовим внутрішньошлунковим введенням парацетамолу. Результати аналізу сироватки крові продемонстрували зниження активності ензимів: лужної фосфатази, аланінамінотрансферази,  $\alpha$ -амілази, аспартатамінотрансферази, лактатдегідрогенази, концентрації глюкози і ТБК-активних сполук ( $P < 0,05$ ) в сироватці крові після застосування препарату, а також збільшення вмісту магнію й активності каталази. Отримані дані вказують на вищу біодоступність магнію у складі препарату «Біофосфомаг», ніж у складі сульфату магнію, що зумовлює вираженішу гепатопротекторну дію за умов індукованого оксидативного ураження печінки. Вони можуть бути обґрунтуванням для впровадження застосування препарату «Біофосфомаг» у корекції патологічних процесів, які супроводжуються оксидативним стресом, або як джерела магнію з високою біодоступністю.

**Ключові слова:** оксидативний стрес, активні форми кисню, відновлений глутатіон, антиоксидантний захист, хелат

Оксидативний стрес виникає як побічне явище за розвитку багатьох патологічних процесів у тварин та людей. Збільшення фагоцитарної активності під час інфекційних процесів, онкогенез, отруєння ксенобіотиками і токсинами індукують збільшення утворення активних форм кисню (АФК) та вільних радикалів [12, 16, 20]. Система антиоксидантного захисту (АОЗ) знешкоджує АФК, запобігаючи оксидативному ураженню клітин. До неї входять ензими — супероксиддисмутаза, каталаза, глутатіонпероксидаза, глутатіонредуктаза і трипептид глутатіон [2, 28]. АФК і вільні радикали постійно утворюються в живому організмі, але швидкість їх утворення перебуває в динамічній рівновазі зі швидкістю їх нейтралізації системою АОЗ. Втім, зміщення балансу на користь утворення чи надходження АФК над швидкістю їх нейтралізації провокує оксидативне ураження клітин і називається оксидативним стресом [31].

Як наслідок, виникають додаткові неспецифічні патологічні зміни (порушення окисно-відновних процесів, проникності мембран та їхньої цілісності), які нашаровуються й ускладнюють перебіг першопричини [33].

Боротьба з оксидативним стресом може бути неспецифічною терапією за розвитку інфекційних і запальних процесів, стресу, отруєнь ксенобіотиками та токсинами [6]. Серед людей дедалі ширшого розповсюдження набуває метаболічний синдром, тісно асоційований з оксидативним стресом [29].

Йони  $Mg^{2+}$  беруть участь у понад 300 ензиматичних реакціях, зокрема і в метаболізмі глутатіону [13, 22]. Оскільки відновлений глутатіон є частиною системи АОЗ, магній проявляє виражені антиоксидантні властивості. Встановлено пряму залежність між вмістом магнію в організмі та функціональним станом системи АОЗ [5, 17].



Препарати фосфору, в яких він сполучений з органічною молекулою, застосовують для нормалізації мінерального, вуглеводного, ліпідного та білкового обмінів [11, 15]. Важливою є участь фосфору в енергетичному обміні, оскільки основний метаболічний шлях утворення макроергічних сполук полягає в фосфорилуванні органічних молекул [25].

«Біофосфомаг» — це комбінований препарат магнію і фосфору на основі казеїну (далі — препарат), розроблений на кафедрі біохімії і фізіології тварин імені академіка М. Ф. Гулого, що містить 10% магнію і 12% фосфору. За хімічною будовою він є штучно фосфорильованим казеїном коров'ячого молока як ліганду, котрий хелатує йони магнію [26]. Завдяки здатності магнію стимулювати широкий спектр метаболічних процесів, а також модулювати функціональний стан системи АОЗ, його комбінація з фосфором у складі хелатного комплексу потенційно може бути перспективною для боротьби з оксидативним стресом.

Метою дослідження було вивчити антиоксидантну дію препарату на моделі *in vivo* за умов індукованого оксидативного стресу у щурів; порівняти ефективність препарату відносно сольового засобу (сульфату магнію) за тих же умов та аналогічної концентрації магнію.

## Матеріали і методи

Ефект препарату «Біофосфомаг» за умов оксидативного стресу досліджували на моделі *in vivo* з використанням щурів. Для цього змодельовали оксидативний стрес [4, 31] та дослідили біохімічні показники сироватки крові за його корекції препаратом. З метою порівняння біодоступності й ефективності використали сульфат магнію за аналогічною схемою і дозуванням за магнієм. Вплив препарату оцінювали на відомій моделі оксидативного стресу, індукованого передозуванням парацетамолу [3, 30]. Останній спричинює виснаження запасів відновленого глутатіону в гепатоцитах, чим зумовлює розвиток їх оксидативного ураження. Ступінь оксидативного ураження гепатоцитів, у свою чергу, прямо корелює з їх цілісністю і, як наслідок, з кількістю локалізованих в них ензимів, які потрапляють у кров [9, 14].

Дослідження провели на білих нелінійних щурах-самцях 6-місячного віку масою  $200 \pm 20$  г, яких тримали в клітках з груповим утриманням на стандартному раціоні з доступом до води та корму *ad libitum*. Тварин утримували в умовах Навчально-науково-виробничого Клінічного центру «Ветмедсервіс» НУБІП України за контрольованої температури і 12/12-годинного світлового циклу. Під час проведення досліджень дотримувались вимог Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 2006 р. (ст. 26. «Правила поводження з тваринами, що використовуються в наукових експериментах, тестуванні, навчальному процесі, виробництві біологічних препаратів»),

«Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених на Першому Національному конгресі України з біоетики (Київ, 2001), узгоджених з положеннями «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986).

В експерименті використали 24 тварини, яких поділили на 4 групи по 6 тварин у кожній (табл. 1). Оксидативний стрес індукували одноразовим внутрішньошлунковим введенням парацетамолу з розрахунку 2 г/кг маси тіла у вигляді суспензії в фізіологічному розчині. Інтактним тваринам вводили аналогічну кількість фізіологічного розчину. Тварини 1 групи слугували інтактним контролем без оксидативного стресу і його корекції; 2 група слугувала контролем з індукованим оксидативним стресом і без його корекції. Тварини 3 групи отримували внутрішньошлунково 1% розчин сульфату магнію в дозі 100 мг/кг маси тіла один раз на добу впродовж трьох діб. Комбінований препарат магнію і фосфору на основі казеїну «Біофосфомаг» вводили четвертій групі за аналогічною схемою у дозі, еквівалентній магнію сульфату за магнієм.

**Таблиця 1.** Схема дослідження комбінованого препарату магнію і фосфору на основі казеїну («Біофосфомаг») **Table 1.** Experiment scheme of the combined magnesium and phosphorus medication based on casein (*Biophosphomag*)

Групи Groups	Одноразові введення впродовж 3 діб Single dose administration for 3 days in a row	Одноразове введення парацетамолу на 2 добу Single dose of paracetamol administration on the 2 <sup>nd</sup> day
1	S	–
2	S	+
3	M	+
4	B	+

*Примітка.* S — фізіологічний розчин; M — 1% розчином  $MgSO_4$  в дозі 100 мг/кг; B — комбінований препарат магнію і фосфору на основі казеїну («Біофосфомаг») в еквівалентній дозі за магнієм до  $MgSO_4$ .  
*Note.* S — saline solution; M — 1% solution of  $MgSO_4$  in a dose of 100 mg/kg; B — magnesium and phosphorus combined medication based on casein (*Biophosphomag*) in an equivalent dose of magnesium to  $MgSO_4$ .

Для проведення біохімічних досліджень через одну годину після останнього введення препарату проводили відбір крові методом серцевої пункції. Попередньо тварин вводили в стан наркозу за допомогою хлороформу. Кров брали у вакуумні стерильні пробірки з активатором згортання і для визначення вмісту відновленого глутатіону з ЕДТА. Для відділення сироватки від згустку пробірки центрифугували на центрифусі ОПН-3 за 3000 об/хв 10 хв.

Вміст альбуміну, магнію, креатиніну, глюкози, фосфору, загального протеїну, сечовини; активність ензимів: лужної фосфатази (ЛФ, КФ 3.1.3.1), аланінаміно-трансферази (АЛТ, КФ 2.6.1.2),  $\alpha$ -амілази (КФ 3.2.1.1), аспартатаміно-трансферази (АСТ, КФ 2.6.1.1), лактат-дегідрогенази (ЛДГ, КФ 1.1.1.27) в сироватці крові визначали на біохімічному аналізаторі *Beckman Coulter UA-480*.

Концентрацію ТБК-активних сполук визначали спектрофотометрично, ґрунтуючись на молярному коефіцієнті абсорбції комплексу малонового діальдегіду з тіобарбітуровою кислотою [23]. Каталазу активність досліджували за порівнянням вмісту пероксиду водню (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) в реакційних сумішах, ґрунтуючись на абсорбції комплексу H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> з молібдатом амонію [10]. Концентрацію відновленого глутатіону (GSH) в крові визначали з використанням реактиву Елмана. Для оцінки цього показника використовували гемолізовану кров [1].

Статистичну обробку результатів досліджень проводили загальноприйнятими методами описової та інферентної статистики з використанням програмного забезпечення *Microsoft Excel*. Дані наведені у вигляді середніх значень з обрахунком стандартних похибок середніх арифметичних. Вірогідність розбіжностей середніх арифметичних двох варіаційних рядів перевіряли, використовуючи *t*-тест Стьюдента; вірогідною розбіжністю вважали  $P < 0,05$  [20].

### Результати й обговорення

Після застосування препарату «Біофосфомаг» за умов індукованого оксидативного стресу у щурів (четверта група), вірогідні розбіжності відносно контрольної групи з індукованим оксидативним стресом і без його корекції (другої) продемонстрували активність досліджуваних ензимів, концентрація глюкози, ТБК-активних сполук та магнію в сироватці крові. Зниження активності лужної фосфатази на 45%, аланінамінотрансферази на 52%,  $\alpha$ -амілази на 38%, аспартатамінотрансферази на 56%, лактатдегідрогенази на 57% ( $P < 0,05$ ) (табл. 2) вказує на гепатопротекторну дію препарату за умов оксидативного стресу [27]. Концентрація глюкози у тварин четвертої групи була на 17% нижчою, ніж у тварин другої групи ( $P < 0,05$ ), а отже, мобілізація резервів для нормалізації енергетичного обміну була менш виражена [24]. Зниження концентрації ТБК-активних сполук на 38% та збільшення активності каталази на 33,5% ( $P < 0,05$ ) свідчить про зниження інтенсивності перекисного окиснення ліпідів, а отже, і прояву оксидативного стресу. Зі свого боку, збільшення концентрації магнію на 46% порівняно з контрольною і на 37% (табл. 4) порівняно з тваринами, які отримували сульфат магнію ( $P < 0,05$ ) з аналогічною дозою магнію, свідчить про вищу біодоступність магнію у складі «Біофосфомагу», ніж у складі сольового засобу. Відсутність вірогідних змін концентрації відновленого глутатіону в крові потребує подальшого вивчення.

У печінці відбувається значна кількість окисно-відновних реакцій організму, велика частка з яких супроводжується утворенням АФК і вільних радикалів. Через це печінка особливо чутлива до розвитку оксидативного стресу [19, 30]. Навіть короточасна неспроможність системи АОЗ протидіяти збільшенню утворення чи надходження оксидантів провокує руйнування гепатоцитів з виходом локалізованих в них

**Таблиця 2.** Активність ензимів, Од/л, та концентрація фосфору в сироватці крові щурів (M $\pm$ m, n=6)

**Table 2.** Enzyme activity, U/L, and phosphorus concentration in rats' serum (M $\pm$ m, n=6)

Показники Parameters	Групи / Groups			
	1	2	3	4
Лужна фосфатаза Alkaline phosphatase	163,3 $\pm$ $\pm 15,9$	517,5 $\pm$ $\pm 31,3^*$	377,2 $\pm$ $\pm 20,2^{**}$	283,2 $\pm$ $\pm 29,4^{**}$
Аланінамінотрансфераза Alanine aminotransferase	59,0 $\pm$ $\pm 4,1$	152,5 $\pm$ $\pm 18,8^*$	98,8 $\pm$ $\pm 11,2^{**}$	73,0 $\pm$ $\pm 7,4^{**}$
Аспартатамінотрансфераза Aspartate aminotransferase	110,8 $\pm$ $\pm 8,7$	376,8 $\pm$ $\pm 32,5^*$	254,8 $\pm$ $\pm 16,4^{**}$	166,2 $\pm$ $\pm 15,2^{**}$
$\alpha$ -амілаза $\alpha$ -amylase	151,0 $\pm$ $\pm 9,2$	342,5 $\pm$ $\pm 22,8^*$	281,7 $\pm$ $\pm 15,2$	213,5 $\pm$ $\pm 16,3^{**}$
Лактатдегідрогеназа Lactate dehydrogenase	184,8 $\pm$ $\pm 15,5$	668,2 $\pm$ $\pm 45,7^*$	477,3 $\pm$ $\pm 51,2^{**}$	284,3 $\pm$ $\pm 45,9^{**}$
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mmol/L	9,82 $\pm$ $\pm 0,37$	13,07 $\pm$ $\pm 0,59^*$	11,47 $\pm$ $\pm 0,51$	10,83 $\pm$ $\pm 0,66^{**}$
Фосфор, ммоль/л Phosphorus, mmol/L	2,89 $\pm$ $\pm 0,10$	3,03 $\pm$ $\pm 0,12$	2,95 $\pm$ $\pm 0,15$	3,37 $\pm$ $\pm 0,16$

*Примітка.* Тут і далі \* —  $P < 0,05$  щодо значення першої групи; \*\* —  $P < 0,05$  щодо значення другої групи.

*Note.* Here and further \* —  $P < 0.05$  relative to 1<sup>st</sup> group; \*\* —  $P < 0.05$  relative to 2<sup>nd</sup> group.

**Таблиця 3.** Показники білкового обміну в сироватці крові щурів (M $\pm$ m, n=6)

**Table 3.** Biochemical parameters of protein metabolism in rats' serum (M $\pm$ m, n=6)

Показники Parameters	Групи / Groups			
	1	2	3	4
Загальний протеїн, г/л Total protein, g/L	78,2 $\pm$ $\pm 2,0$	63,8 $\pm$ $\pm 2,9^*$	65,1 $\pm$ $\pm 2,2$	72,7 $\pm$ $\pm 2,8$
Альбумін, г/л Albumin, g/L	39,0 $\pm$ $\pm 0,8$	33,8 $\pm$ $\pm 1,3^*$	33,6 $\pm$ $\pm 1,6$	37,5 $\pm$ $\pm 1,2$
Креатинін, ммоль/л Creatinine, mmol/L	36,3 $\pm$ $\pm 1,3$	40,3 $\pm$ $\pm 2,0$	41,0 $\pm$ $\pm 2,1$	40,8 $\pm$ $\pm 1,2$
Сечовина, ммоль/л Urea, mmol/L	6,6 $\pm$ $\pm 0,3$	7,2 $\pm$ $\pm 0,2$	7,3 $\pm$ $\pm 0,2$	7,1 $\pm$ $\pm 0,2$

**Таблиця 4.** Концентрація магнію і показники оксидативного стресу в сироватці крові щурів (M $\pm$ m, n=6)

**Table 4.** Magnesium concentration and markers of oxidative stress in rats' serum (M $\pm$ m, n=6)

Показники Parameters	Групи / Groups			
	1	2	3	4
Магній, ммоль/л Magnesium, mmol/L	1,32 $\pm$ $\pm 0,09$	1,31 $\pm$ $\pm 0,08$	1,39 $\pm$ $\pm 0,12$	1,91 $\pm$ $\pm 0,11^{**}$
ТБК-активні сполуки, нмоль/мл TBA-reactive substances, nmol/ml	11,15 $\pm$ $\pm 2,41$	38,20 $\pm$ $\pm 2,62^*$	29,45 $\pm$ $\pm 3,12$	23,67 $\pm$ $\pm 3,15^{**}$
Каталаза, Од/мг протеїну/хв Catalase, U/mg of protein/min	256,6 $\pm$ $\pm 12,7$	132,4 $\pm$ $\pm 10,2^*$	157,5 $\pm$ $\pm 7,7$	176,7 $\pm$ $\pm 10,2^{**}$
Відновлений глутатіон, мкмоль/мл GSH, $\mu$ mol/mL	72,5 $\pm$ $\pm 6,5$	63,2 $\pm$ $\pm 7,1$	66,7 $\pm$ $\pm 5,4$	65,8 $\pm$ $\pm 6,1$

ензимів у кров [34]. Зниження активності лужної фосфатази, аланінамінотрансферази,  $\alpha$ -амілази, аспартатамінотрансферази, лактатдегідрогенази у сироватці крові після застосування препарату свідчить про гепатопротекторну дію препарату, яку можна пов'язати з його антиоксидантними властивостями [18].

Одним з визнаних маркерів розвитку оксидативного стресу є концентрація ТБК-активних сполук, зниження якої вказує на зниження перекисного окиснення ліпідів, що супроводжує оксидативний стрес і підтверджується літературними даними [23]. Важливим ферментом, який відображає функціональний стан системи антиоксидантного захисту, є каталаза, збільшення активності якої зворотно корелює з концентрацією ТБК-активних сполук та свідчить про покращення функціонального стану системи АОЗ (табл. 4) [10].

Мітохондрії особливо чутливі до надлишку АФК, котрі спричиняють їх набухання та порушення функцій. У мітохондріях відбувається основний метаболічний шлях утворення АТФ — окисне фосфорилування, що знижується через ушкодження мітохондрій. Зниження інтенсивності окисного фосфорилування може бути частково компенсоване завдяки менш ефективним метаболічним шляхам (наприклад, гліколізу). Посилення інтенсивності гліколізу, зі свого боку, потребує мобілізації глюкози з депо на початку патологічного процесу, що супроводжується ураженням гепатоцитів, проявляється збільшенням її концентрації в крові [24]. Таким чином, зниження концентрації глюкози в сироватці крові тварин, які отримували препарат, може вказувати на зниження інтенсивності ураження мітохондрій, спричиненого індукованим оксидативним стресом.

Серед багатьох функцій йонів  $Mg^{2+}$  важливе значення має їхня участь у підтримці функціонального стану системи АОЗ та енергетичному обміні [3, 8]. Таким чином, висока біодоступність магнію в складі «Біофосфомагу» потенційно може сприяти підвищенню активності системи АОЗ, що підтверджують вища концентрація в сироватці крові магнію, зниження концентрації ТБК-активних сполук та збільшення активності каталази після застосування препарату.

Решта досліджуваних біохімічних показників — концентрації альбуміну, креатиніну, фосфору, загального протеїну і сечовини в сироватці крові (табл. 3) за впливу препарату не продемонстрували статистично вірогідних відмінностей проти другої контрольної групи, оскільки експеримент проводили в умовах гострої токсичності [7]. За короткий проміжок часу розвиток або виснаження компенсаторних механізмів не встигли розвинути, хоча спостерігалася тенденція до збільшення концентрації альбуміну і загального протеїну.

## Висновки

Після трикратного внутрішньошлункового введення препарату «Біофосфомаг» концентрація магнію в сироватці крові тварин збільшилась на 46%, що на 37% більше, ніж після введення  $MgSO_4$  в еквівалентній за магнієм дозі.

За впливу препарату «Біофосфомаг» активність лужної фосфатази знизилась на 45%, аланінамінотрансферази — на 52%, аспартатамінотрансферази — на 56%,  $\alpha$ -амілази — на 38%, лактатдегідрогенази —

на 57% порівняно з контрольною групою з індукованим оксидативним стресом і без його корекції (другою). Вміст глюкози був нижчим на 17% відповідно. Концентрація ТБК-активних сполук знизилась на 38% одночасно зі збільшенням активності каталази на 33,5%;

Результати експерименту свідчать про позитивний ефект «Біофосфомагу» за його застосування для корекції оксидативного ураження печінки, спровокованого передозуванням парацетамолу. Отримані дані можуть бути обґрунтуванням для впровадження використання препарату в корекції патологічних процесів, які супроводжуються оксидативним стресом, або як джерела магнію з високою біодоступністю.

## Перспективи подальших досліджень

Доцільним є продовження вивчення впливу препарату «Біофосфомаг» за умов корекції різноманітних патологічних станів, які супроводжуються розвитком оксидативного ураження організму чи гіпомагніємією.

- Bahrami S, Shahriari A, Tavalla M, Azadmanesh S, Hamidinejat H. Blood levels of oxidant/antioxidant parameters in rats infected with *Toxoplasma gondii*. *Oxi. Med. Cell. Longev.* 2016; 2016: 8045969. DOI: 10.1155/2016/8045969.
- Barnes PJ. Oxidative stress-based therapeutics in COPD. *Redox Biol.* 2020; 33: 101544. DOI: 10.1016/j.redox.2020.101544.
- Blair IA. Endogenous glutathione adducts. *Curr. Drug Metab.* 2006; 7 (8): 853–872. DOI: 10.2174/138920006779010601.
- Canayakin D, Bayir Y, Baygutalp NK, Karaoglan ES, Atmaca HT, Ozgeris FBK, Keles MS, Halici Z. Paracetamol-induced nephrotoxicity and oxidative stress in rats: The protective role of *Nigella sativa*. *Pharmac. Biol.* 2016; 54 (10): 2082–2091. DOI: 10.3109/13880209.2016.1145701.
- Chen Y, Xiong S, Zhao F, Lu X, Wu B, Yang B. Effect of magnesium on reducing the UV-induced oxidative damage in marrow mesenchymal stem cells. *J. Biomed. Mat. Res. A.* 2019; 107 (6): 1253–1263. DOI: 10.1002/jbm.a.36634.
- Dizdaroglu M, Jaruga P, Birincioglu M, Rodriguez H. Free radical-induced damage to DNA: Mechanisms and measurement. *Free Rad. Biol. Med.* 2002; 32 (11): 1102–1115. DOI: 10.1016/S0891-5849(02)00826-2.
- Erhirhie EO, Ihekwereme CP, Iloigwe EE. Advances in acute toxicity testing: strengths, weaknesses and regulatory acceptance. *Interdiscipl. Toxicol.* 2018; 11 (1): 5–12. DOI: 10.2478/intox-2018-0001.
- Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients.* 2015; 7 (9): 8199–8226. DOI: 10.3390/nu7095388.
- Guo H, Sun J, Li D, Hu Y, Yu X, Hua H, Jing X, Chen F, Jia Z, Xu J. Shikonin attenuates acetaminophen-induced acute liver injury via inhibition of oxidative stress and inflammation. *Biomed. Pharmacotherapy.* 2019; 112: 108704. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.108704.
- Hadwan MH, Abed HN. Data supporting the spectrophotometric method for the estimation of catalase activity. *Data Brief.* 2015; 6: 194–199. DOI: 10.1016/j.dib.2015.12.012.
- Hax LT, Rincón JAA, Schneider A, Pegoraro LMC, Franco Collares L, Alves Pereira R, Pradieé J, Del Pino FAB, Nunes Corrêa M. Effect of butafosfan supplementation during oocyte maturation on bovine embryo development. *Zygote.* 2019; 27 (5): 321–328. DOI: 10.1017/S0967199419000327.
- Hybertson BM, Gao B, Bose SK, McCord JM. Oxidative stress in health and disease: The therapeutic potential of Nrf2 activation. *Mol. Asp. Med.* 2011; 32 (4–6): 234–246. DOI: 10.1016/j.mam.2011.10.006.



13. Kaliaperumal R, Venkatachalam R, Nagarajan P, Sabapathy SK. Association of serum magnesium with oxidative stress in the pathogenesis of diabetic cataract. *Biol. Trace Element Res.* 2021; 199 (8): 2869–2873. DOI: 10.1007/s12011-020-02429-9.
14. Kalsi SS, Wood DM, Waring WS, Dargan PI. Does cytochrome P450 liver isoenzyme induction increase the risk of liver toxicity after paracetamol overdose? *Open Acc. Emerg. Med.* 2011; 2011 (3): 69–76. DOI: 10.2147/OAEM.S24962.
15. Kreipe L, Deniz A, Bruckmaier RM, van Dorland HA. First report about the mode of action of combined butafosfan and cyanocobalamin on hepatic metabolism in nonketotic early lactating cows. *J. Dairy Sci.* 2011; 94 (10): 4904–4914. DOI: 10.3168/jds.2010-4080.
16. Kurhaluk N, Tkachenko H, Partyka T. Photoperiod-induced alterations in biomarkers of oxidative stress in rats of different ages and individual physiological reactivity. *Biol. Tvarin.* 2022; 24 (1): 11–18. DOI: 10.15407/animbio24.01.011.
17. Kuzniar A, Mitura P, Kurys P, Szymonik-Lesiuk S, Florianczyk B, Stryjecka-Zimmer M. The influence of hypomagnesemia on erythrocyte antioxidant enzyme defence system in mice. *Biometals.* 2003; 16 (2): 349–357. DOI: 10.1023/A:1020632505289.
18. Lv Y, Zhang B, Xing G, Wang F, Hu Z. Protective effect of naringenin against acetaminophen-induced acute liver injury in metallothionein (MT)-null mice. *Food Funct.* 2013; 4 (2): 297–302. DOI: 10.1039/C2FO30213F.
19. Martin H, Richert L, Berthelot A. Magnesium deficiency induces apoptosis in primary cultures of rat hepatocytes. *J. Nutr.* 2003; 133 (8): 2505–2511. DOI: 10.1093/jn/133.8.2505.
20. Melov S. Animal models of oxidative stress, aging, and therapeutic antioxidant interventions. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 2002; 34 (11): 1395–1400. DOI: 10.1016/S1357-2725(02)00086-9.
21. Mishra P, Pandey CM, Singh U, Keshri A, Sabaretnam M. Selection of appropriate statistical methods for data analysis. *Ann. Card. Anaest.* 2019; 22 (3): 297–301. DOI: 10.4103/aca.ACA\_248\_18.
22. Morais JBS, Severo JS, Santos LR, de Sousa Melo SR, de Oliveira Santos R, de Oliveira ARS, Cruz KJC, do Nascimento Marreiro D. Role of magnesium in oxidative stress in individuals with obesity. *Biol. Trace El. Res.* 2017; 176 (1): 20–26. DOI: 10.1007/s12011-016-0793-1.
23. Nagababu E, Rifkind JM, Boindala S, Nakka L. Assessment of antioxidant activity of eugenol *in vitro* and *in vivo*. In: *Methods in molecular biology.* 2010; 610: 165–180. DOI: 10.1007/978-1-60327-029-8\_10.
24. Nishikawa T, Bellance N, Damm A, Bing H, Zhu Z, Handa K, Yovchev MI, Sehgal V, Moss TJ, Oertel M, Ram PT, Pipinos II, Soto-Gutierrez A, Fox IJ, Nagrath D. A switch in the source of ATP production and a loss in capacity to perform glycolysis are hallmarks of hepatocyte failure in advance liver disease. *J. Hepatol.* 2014; 60 (6): 1203–1211. DOI: 10.1016/j.jhep.2014.02.014.
25. Nolfi-Donagan D, Braganza A, Shiva S. Mitochondrial electron transport chain: Oxidative phosphorylation, oxidant production, and methods of measurement. *Redox Biol.* 2020; 37: 101674. DOI: 10.1016/j.redox.2020.101674.
26. Palonko RI, Kalachniuk LH, Arnauta OV, Mykhailiuk MM, Arnauta NV, Pavlyuk OV, Fedyshyn PM. The method of the “Biophosphomag” veterinary drug producing. Patent UA for utility model no. U202105112 from 13.01.2022. Available at: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1673135> (in Ukrainian)
27. Papackova Z, Heczko M, Dankova H, Sticova E, Lodererova A, Bartonova L, Poruba M, Cahova M. Silymarin prevents acetaminophen-induced hepatotoxicity in mice. *PLoS One.* 2018; 13 (1): 1–20. DOI: 10.1371/journal.pone.0191353.
28. Ratnam DV, Ankola DD, Bhardwaj V, Sahana DK, Ravi Kumar MNV. Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *J. Contr. Release.* 2006; 113 (3): 189–207. DOI: 10.1016/j.jconrel.2006.04.015.
29. Rezzani R, Franco C. Liver, Oxidative stress and metabolic syndromes. *Nutrients.* 2021; 13 (2): 301. DOI: 10.3390/nu13020301.
30. Rui L. Energy metabolism in the liver. *Compr. Physiol.* 2014; 4 (1): 177–197. DOI: 10.1002/cphy.c130024.
31. Sies H. Oxidative stress: Oxidants and antioxidants. *Exp. Physiol.* 1997; 82 (2): 291–295. DOI: 10.1113/expphysiol.1997.sp004024.
32. Simeonova R, Kondeva-Burdina M, Vitcheva V, Mitcheva M. Some *in vitro/in vivo* chemically-induced experimental models of liver oxidative stress in rats. *BioMed Res. Int.* 2014; 2014: 706302. DOI: 10.1155/2014/706302.
33. Tarallo A, Damiano C, Strollo S, Minopoli N, Indrieri A, Polishchuk E, Zappa F, Nusco E, Fecarotta S, Porto C, Coletta M, Iacono R, Moracci M, Polishchuk R, Medina DL, Imbimbo P, Monti DM, De Matteis MA, Parenti G. Correction of oxidative stress enhances enzyme replacement therapy in Pompe disease. *EMBO Mol. Med.* 2021; 13 (11): e14434. DOI: 10.15252/emmm.202114434.
34. Yan M, Huo Y, Yin S, Hu H. Mechanisms of acetaminophen-induced liver injury and its implications for therapeutic interventions. *Redox Biol.* 2018; 17: 274–283. DOI: 10.1016/j.redox.2018.04.019.

## Biochemical effect of the *Biophosphomag* medication on the biochemical blood indicators in rats under oxidative stress conditions

R. I. Palonko  
romanpalonko@gmail.com

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

The study was aimed to examine the effects of the *Biophosphomag* medication on biochemical parameters of blood under induced oxidative stress in rats. For this purpose, we used 24 animals weighing 200±20 g. The animals were divided into 4 groups of 6 animals in each one and kept on a standard diet with access to water *ad libitum*. The 1<sup>st</sup> group was an intact control without oxidative stress and its correction; the 2<sup>nd</sup> was a control with induced oxidative stress and without its correction. The 3<sup>rd</sup> group received a 1% solution of magnesium sulfate intragastrically. The animals of the 4<sup>th</sup> group were administered *Biophosphomag* (a combined medication of magnesium and phosphorus based on casein) in a dose equivalent to magnesium sulfate by magnesium. Oxidative stress was induced with a single intragastric administration of paracetamol. The results of the serum analysis after the intake of medication showed, on the one hand, a decrease in the activity of the enzymes: alkaline phosphatase, alanine aminotransferase, α-amylase, aspartate aminotransferase, lactate dehydrogenase, glucose and TBA-active compounds concentration (P<0.05), and, on the other hand, an increase in the magnesium concentration and catalase activity. The obtained results indicate a higher bioavailability of magnesium in the composition of the *Biophosphomag* medication than in the composition of magnesium sulfate, which leads to a more significant hepatoprotective effect under conditions of induced oxidative damage to the liver. They can be an argument why *Biophosphomag* medication should be used in the correction of pathological processes accompanied by oxidative stress or as a source of magnesium with high bioavailability.

**Key words:** oxidative stress, reactive oxygen species, glutathione, antioxidant protection, chelate





## Стан і перспективи застосування репродуктивної біотехнології для підвищення продуктивності у скотарстві

М. М. Шаран, Ю. Т. Салига

m\_sharan@ukr.net

Інститут біології тварин НААН,  
вул. В. Стуса, 38, м. Львів, Україна

Метою роботи було проаналізувати ситуацію щодо рівня стану та перспектив застосування репродуктивної біотехнології для підвищення продуктивності у скотарстві. В умовах динамічного зростання населення планети, глобальних змін клімату та російсько-української війни ключовим питанням стала продовольча безпека в цілому світі і зокрема в Україні. Для збільшення запасів продовольства тваринного походження потрібно перш за все інтенсифікувати молочне та м'ясне скотарство із залученням кращої світової генетики. Це стає можливим завдяки застосуванню сучасних біотехнологічних методів відтворення, частина яких (штучне осіменіння, трансплантація ембріонів) успішно використовується у світі та Україні, інша частина (запліднення *in vitro*, клонування, створення трансгенних тварин) постійно розвивається і вдосконалюється у країнах з розвиненим скотарством. В Україні удосконалено технології штучного осіменіння та трансплантації ембріонів великої рогатої худоби. Впроваджено у практику скотарства штучне осіменіння, відновлюються роботи з трансплантації ембріонів, в останні роки на молочних фермах використовують сперму бугаїв, розділену за статтю. Науковці установ Національної академії аграрних наук України проводять спорадичні експерименти із запліднення *in vitro* та створення трансгенних тварин, що вимагає розширення і поглиблення цих напрямів досліджень. Для подолання сучасних викликів, пов'язаних зі змінами клімату та війною, доцільно використовувати у скотарстві біотехнологічні методи відтворення. Для цього потрібно активізувати дослідження з розроблення і впровадження новітніх репродуктивних біотехнологій: трансплантація ембріонів, запліднення *in vitro*, створення трансгенних тварин.

**Ключові слова:** велика рогата худоба, відтворення, біотехнологія, трансплантація, ембріон, клонування, трансгенез, запліднення *in vitro*

Споживання тваринних продуктів постійно збільшується, що зумовлене насамперед зростанням чисельності населення, рівня доходів і урбанізацією [18]. За прогнозами FAO, населення планети до 2050 р. перевищить 9 млрд, що вимагає збільшення виробництва продуктів харчування на 50% [16]. Водночас в Україні після завершення російсько-української війни постане питання відродження скотарства для збільшення виробництва молока та яловичини. Для створення продовольчих запасів, достатніх для задоволення потреб населення, тваринницькій галузі потрібно буде використовувати переваги сучасних технологій для створення ефективної та продуктивної худоби. Щоб задовольнити вимоги щодо зменшення впливу на навколишнє середовище, у виробництві

високоякісних харчових продуктів важливими для формування стійких систем тваринництва будуть біотехнологічні інструменти.

Для прискореного розмноження тварин з високими генетичними властивостями та підвищення якості стада за короткий час ефективним може стати застосування репродуктивних біотехнологій. За понад 50 років у світі розроблено і впроваджено методи репродуктивної біотехнології, які призвели до значного прогресу у тваринництві. Основними біотехнологічними методами відтворення у скотарстві стали: штучне осіменіння, трансплантація ембріонів, запліднення *in vitro*, клонування та трансгенез, поділ сперми за статтю [33, 19].

Останнім часом у зв'язку зі зміною клімату виникли проблеми з підвищенням продуктивності та появою

нових хвороб. Розроблення та використання сучасних репродуктивних біотехнологій відкриває нові можливості для покращення репродуктивних показників у корів та телиць [32, 13].

В Україні після різкого підйому у 80-х рр. минулого століття застосування методів репродуктивної біотехнології у скотарстві поступово знизилась як розроблення, так і провадження цих методів [8, 6]. Сьогодні потрібно здійснити ґрунтовний аналіз біотехнологічних методів відтворення для узагальнення, доопрацювання та подальшої комерціалізації їх у скотарстві.

**Мета досліджень** — на основі літературних джерел провести аналіз стану і перспектив застосування репродуктивної біотехнології для підвищення продуктивності у скотарстві в умовах післявоєнного періоду та змін клімату.

## Матеріали і методи

Матеріалом для досліджень є оцінка розвитку репродуктивної біотехнології у скотарстві за кордоном та в Україні за даними літературних джерел.

Для досліджень використали такі методи: монографічний — для узагальнення літературних даних зарубіжних і вітчизняних авторів щодо стану і розвитку репродуктивної біотехнології у скотарстві; порівняльні — для проведення порівняльної оцінки ефективності біотехнологічних методів відтворення у скотарстві; ретроспективний аналіз — для вивчення періодів розвитку біотехнологічних методів у світі та в Україні; абстрактно-логічний — для формування висновків і пропозицій щодо покращення стану галузі науки.

## Результати й обговорення

Програми розведення на основі селекції застосовувалися для покращення генетичних переваг худоби протягом багатьох поколінь. Проте швидкість зміни окремих ознак у результаті селекції відносно низька — 0,5–3,0% на рік. Застосування репродуктивних біотехнологій для підвищення ефективності виробництва може відбуватися прискореними темпами за рахунок збільшення інтенсивності відбору тварин без обмеження швидкості відтворення. Виникнення та розвиток репродуктивних біотехнологій були зумовлені економічною вигодою за рахунок потенційного збільшення кількості потомства від генетично цінних тварин, тобто біотехнологічні методи забезпечують широке використання високоцінного генетичного матеріалу [32]. Одними з перших розроблених і впроваджених у практику скотарства біотехнологічних методів розмноження були синхронізація статеві охоти, штучне осіменіння і трансплантація ембріонів, які стали інструментами управління відтворенням і доступні виробникам молока та яловичини понад 50 років [27, 49].

Штучне осіменіння використовується як засіб розведення тварин та інструмент підвищення ефективності господарських параметрів великої рогатої худоби. Успіх застосування штучного осіменіння залежить від трьох основних передумов: по-перше, спермії можуть виживати поза організмом; по-друге, їх можна повторно вводити в жіночі статеві шляхи таким чином, щоб досягти прийнятного рівня запліднення; і по-третє, можна визначити фертильний період самки [23, 30].

У великій рогатої худоби синхронізацію статевої охоти та штучне осіменіння можна використовувати для отримання максимального репродуктивного потенціалу корів із залученням найкращої генетики. Використання протоколів штучного осіменіння з синхронізацією статевої охоти є корисним для фермерів, оскільки скорочує час і працю, необхідні для виявлення охоти та маніпуляцій з тваринами [29].

На сьогодні штучне осіменіння залишається найпоширенішим інструментом біотехнології, що застосовується для покращення відтворення та генетики у скотарстві [17]. У молочному скотарстві отримано найбільший ефект від цієї технології, переважно завдяки інтенсивним системам управління, які роблять використання штучного осіменіння практичним. Генетичний прогрес у молочному скотарстві призводить до підвищення обсягів та зниження собівартості виробництва молока, що дає змогу забезпечити поживними речовинами зростаючу популяцію населення, не потребуючи збільшення загальної кількості корів.

Час штучного осіменіння важливий, оскільки корелює з тічкою, овуляцією та тільністю, його потрібно проводити якомога ближче до овуляції, бажано за 12–24 год. до овуляції [3, 15].

Висока ефективність штучного осіменіння визнається можливістю передачі високих генетичних якостей відібраного самця тисячам самок [24, 31].

Основними перевагами штучного осіменіння над природним паруванням є економічна ефективність, контроль захворювань, безпечне розведення, гнучкість та управління плодючістю, що робить його важливим засобом генетичного вдосконалення [5]. Прискорення генетичного прогресу у скотарстві до 50% можливе завдяки застосуванню штучного осіменіння з широким використанням свіжої, охолодженої до 5°C або глибоко замороженої сперми [53].

В Україні штучним осіменінням охоплено приблизно половину поголів'я корів, практично все поголів'я на сільськогосподарських підприємствах і значно менше в індивідуальних господарствах. Проблеми з впровадження штучного осіменіння корів і телиць пов'язані з такими чинниками: 70% поголів'я зосереджено у господарствах населення; відсутня прозора дотаційна система від центральних і місцевих органів влади; неконтрольований ринок сперми; відсутність програми реалізації молодняка, а також рекламно-агітаційної кампанії.

Науковці Інституту біології тварин НААН постійно проводять дослідження з підвищення якості та запліднювальної здатності спермій бугаїв-плідників [2, 37, 25], а також семінари з підвищення кваліфікації техніків штучного осіменіння.

Виявлення статевої охоти є вирішальним і важливим для її синхронізації та потребує належної практики утримання корів. Синхронізацію статевої охоти у корів можна проводити скороченням або збільшенням тривалості статевого циклу, що можна здійснити двома способами: перший — використання простагландину, який індукує лютеоліз жовтого тіла і призводить до скорочення фази дієструсу циклу тічки; другий — подовження фази дієструсу за рахунок підтримки функції жовтого тіла введенням гормону прогестерону [59].

У корів з активністю яєчників статевий цикл можна регулювати трьома способами: а) застосуванням простагландинів для індукції раннього розсмоктування жовтого тіла; б) послідовним застосуванням простагландинів і аналогів гонадотропін рилізінг-гормону (Гн-РГ) для забезпечення синхронізованого розвитку фолікулів після індукованого лютеолізу; в) застосуванням прогестагенів, які діють як штучне жовте тіло.

Застосування простагландинів і аналогів Гн-РГ відоме як «програма Овсинх (Ovsynch)» (рис. 1), яка спочатку була призначена для молочних корів. Вона передбачає дві ін'єкції аналога Гн-РГ, в проміжку між якими здійснюється однократна ін'єкція простагландину  $F_{2\alpha}$  [39].

Оскільки в польових умовах синхронізацію зазвичай застосовують для корів, які перебувають на різних стадіях статевого циклу, введення Гн-РГ у поєднанні з простагландином забезпечує більшу гомогенність фолікулів яєчника на момент індукції лютеолізу. Результатом є можливість точнішого прогнозування настання еструсу після спровокованого простагландинами лютеолізу і поліпшення синхронізації викиду ЛГ, що дозволяє синхронізувати і розвиток фолікулів, і регрес жовтого тіла.

Програма «Овсинх» спрощує планування термінів штучного осіменіння, водночас покращуючи діяльність репродуктивної системи в період безпосередньо після отелення, що дозволяє раціональніше організувати роботу через відсутність необхідності виявлення еструсу у тварин.

Синхронізація статевої охоти є однією зі стратегій для підвищення рівня тільності в сучасному молочному та м'ясному скотарстві, що покращує репродуктивні показники стада. Завдяки ефективному застосуванню синхронізації статевої охоти та штучного осіменіння можна отримати більшу кількість телят покращеної якості [35]. Крім того, ефективна синхронізація статевої охоти полегшує виявлення тічки, що важливо для застосування штучного осіменіння [29, 9].

Найпоширенішим біотехнологічним методом після штучного осіменіння та синхронізації статевої охоти є трансплантація ембріонів — процедура вимивання ембріонів від високопродуктивної корови-донора і пересадження їх телицям-реципієнтам, де ембріони завершують свій розвиток. Трансплантація ембріонів забезпечує отримання від високопродуктивних корів більше потомства, ніж за природного відтворення, що вигідно для виробників молока та яловичини [14, 46]. Водночас впровадження трансплантації ембріонів є дорогим, але приносить комерційну вигоду у молочному і м'ясному скотарстві [7].

Трансплантація ембріонів складається з етапів: відбір та підготовка донорів, вимивання ембріонів, оцінка та зберігання ембріонів, відбір та підготовка реципієнтів, пересаджування ембріонів [28, 51].

Основою відбору донорів є добір кращих тварин за генетичними та фенотиповими ознаками [38, 48]. У молочному скотарстві корова-донор повинна перевищувати середній надій для стада не менше, ніж на 2000 кг молока за лактацію. Донорів утримують на фермі в умовах виробництва або в центрі трансплантації ембріонів, де їх інтенсивно використовують. Зазвичай утримання донорів на фермі є дешевшим [57, 16].

Підготовка корів-донорів передбачає індукцію множинної овуляції фолікулостимулювальним гормоном для росту й овуляції багатьох яйцеклітин для одночасного запліднення і подальшого вимивання ембріонів [10]. Донорів штучно осіменяють з використанням сперми кращих бугаїв-плідників, також можливе використання сперми, розділеної за статтю. Вимивання ембріонів проводять нехірургічним методом на сьому добу після штучного осіменіння. Після збору ембріони ідентифікують, оцінюють і витримують у відповідному середовищі перед трансплантацією [20, 21].

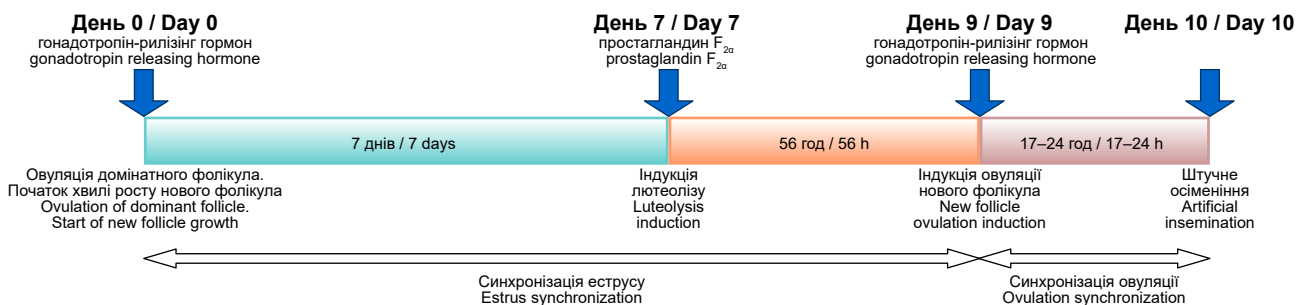


Рис. 1. Програма «Овсинх»  
Fig. 1. The programme "Ovsynch"

Важливе значення для успіху трансплантації ембріонів мають реципієнти, якими зазвичай використовують статевозрілих телиць, оскільки приживлення ембріонів у корів-реципієнтів на 5–10% менше. Правильне управління стадом реципієнтів має вирішальне значення для успіху ембріотрансплантації і це вимагає фундаментального розуміння відбору реципієнтів, годівлі, синхронізації статевої охоти, профілактики захворювань та маркетингу [55].

Щоб максимізувати виживання ембріонів у телиці-реципієнта після трансплантації, фізіологічний стан репродуктивного тракту реципієнта повинен відповідати умовам у донора. Для цього необхідна синхронізація естральних циклів між донором і реципієнтами, оптимальним є період не більше одного дня [57, 10].

Процес перенесення (трансплантації) ембріонів подібний до методу штучного осіменіння за винятком того, що катетер з ембріоном вводиться в ріг матки іпсилатерально від жовтого тіла на сьомий день статевого циклу.

Обсяги виробництва ембріонів великої рогатої худоби у світі щорічно становлять: у Японії — 112, США — 255, Канаді — 65, Бразилії — 380, Австралії — 7, Африці — 4 тисячі [1].

В останні роки у зв'язку з підвищенням молочної продуктивності корів в Україні зростає інтерес до використання біотехнологічних методів відтворення у практиці молочного скотарства, одним з яких є трансплантація ембріонів. У системі Національної академії аграрних наук України (НААН) дослідження з репродуктивної біотехнології у скотарстві виконують в Інституті розведення і генетики імені М. В. Зубця, Інституті тваринництва НААН та Інституті біології тварин НААН.

Науковцями Інституту біології тварин НААН удосконалено технологію трансплантації ембріонів ВРХ. Зокрема, розроблено: алергічний метод добору корів-донорів і телиць-реципієнтів; метод стимуляції множинної овуляції у корів-донорів гонадотропінами з використанням ліпосом; метод посилення ембріонально-маткового сигналу за трансплантації деконсервованих ембріонів підсаджуванням бластомерів дегенерованих бластоцист [43]. Крім того, з'ясовано вплив застосування нейротропних препаратів на приживлення трансплантованих ембріонів [44, 45].

У 2021 р. Національною академією аграрних наук України розроблено проєкт «Розвиток трансплантації ембріонів великої рогатої худоби і овець в Україні на 2022–2025 рр. за використання потенціалу експериментально-виробничої бази НААН», який вищевказані інститути виконуватимуть, на жаль, після завершення війни.

Наступним біотехнологічним методом для спрямованого виробництва потомства бажаної статі є сексування спермій за допомогою проточного цитометричного сортування живих гамет, наповнених флуоресцентним барвником. У бугаїв різниця за вмістом ДНК у сперміях з Х і Y-хромосомою становить приблизно 3,8%, що достатньо для забезпечення успішного сор-

тування [19]. Проточна цитометрія є єдиним комерційним застосуванням, яке переважно використовується для великої рогатої худоби. Ця технологія визначення статі спермій дозволяє виробникам заздалегідь визначити стать потомства до запліднення, максимізуючи таким чином отримання теличок для поповнення ремонтного стада, їх продуктивність та прибутковість виробництва молока. Сексовану сперму можна використовувати для штучного осіменіння, а також для виробництва ембріонів *in vivo* та *in vitro* [42].

Нині в Україні низка сільськогосподарських підприємств з успіхом використовує сексовану сперму — зазвичай для запліднення телиць, оскільки результативність цих процедур (рівень заплідненості) у них більша, ніж у корів. Відповідно, використання такої сперми для телиць означає вищий рівень окупності інвестицій у молочний бізнес [12].

Іншою репродуктивною технологією, яка використовує пул жіночих гамет для підвищення генетичної цінності стада, є запліднення *in vitro*. Виробництво ембріонів *in vitro* складається з етапів: аспірація ооцитів — прижиттєва (*Ovum Pick-Up*) або з яєчників після забою тварин; дозрівання ооцитів; дозрівання спермій (капацитация); запліднення; культивування до стадії морули-ранньої бластоцисти (6–7 діб); трансплантація телицям-реципієнтам [14].

У результаті численних експериментів встановлено, що за одну процедуру *Ovum Pick-Up* (OPU) від корови можна аспірувати 20 життєздатних ооцитів, після запліднення *in vitro* в середньому можна отримати 6 ембріонів (33,3% запліднення). Після трансплантації цих ембріонів реципієнтам отримують три вагітності (50% приживлення). Оскільки процедуру OPU можна проводити кожні 15 діб без шкідливого впливу на організм корови, то за рік можна провести 24 рази аспірацію ооцитів з яєчників, тобто впродовж року від корови-донора можна отримати 72 вагітності [52]. Отже, трансплантація ембріонів, отриманих *in vitro*, є важливою технологією для програм селекції, головною перевагою якої є збільшення кількості потомства, яке може дати одна корова. Подальше застосування запліднення *in vitro* з використанням сексованої сперми для отримання визначеної статі потомства буде перевагою для молочного скотарства [11, 36].

В Україні в останні десятиліття проводять спорадичні експерименти із запліднення *in vitro* у скотарстві з використанням аспірації ооцитів з яєчників після забою. Тому саме у цьому напрямку досліджень треба активізувати дослідження з обов'язковим опануванням і впровадженням процедури прижиттєвої аспірації ооцитів OPU.

Сучасними репродуктивними біотехнологіями з використанням маніпуляцій на генетичному рівні є клонування та трансгенез. Клонування як репродуктивна технологія дозволяє виробникам створювати генетичні копії кращої худоби. Метою клонування є збільшення кількості племінних тварин у стаді, наділених винятковими якостями — такими, як високопродуктивні дійні корови з підвищеною плодючістю [41].



Виробництво клонованих тварин може бути здійснене за допомогою розділення ембріонів або перенесення ядер. Розділення передімплантаційних ембріонів від обраних самок було однією з найперших методик клонування, що використовувалися для отримання генетично ідентичних тварин (рис. 2) [58].

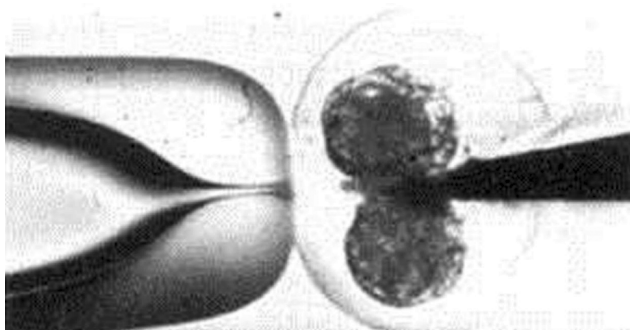
У 1990-х рр. м'ясо та молоко від клонованих овець та великої рогатої худоби, отримані розділенням ембріонів або перенесенням ядер ембріональних клітин, увійшли в їжу, не викликаючи занепокоєння громадськості щодо безпеки харчових продуктів [54]. Репродуктивно життєздатне потомство також отримане дослідниками з Університету West Texas A&M з м'язової клітини туші, відібраної через 2–3 дні після забою [22].

Крім генетичних переваг, отриманих у результаті клонування генетично цінних тварин, генокопії виняткових тварин можуть бути створені з тварин, нездатних до розмноження. Щоб виправдати високу вартість клонування (понад \$10000), прабатьки мають бути генетично винятковими — наприклад, бугаї повинні мати високий попит на сперму [11].

Очікувана потенційна користь від клонування великої рогатої худоби полягає у підвищенні точності оцінки матерів бугаїв. Клонування дозволяє виробникам розмножувати високоефективних тварин або тварин, які можуть виробляти високоякісний кінцевий продукт з меншою кількістю необхідних ресурсів.

Оскільки клонування не змінює генетичний склад тварини, клонована худоба нічим не відрізняється від тварин, які народжуються природними близнюками або трійнями. В оцінці ризиків у 2008 р. Управління з продовольства і медикаментів США (*Food and Drug Administration* — FDA) вважало, що м'ясо та молоко клонованих тварин безпечні для споживання людиною і практично не відрізняються від неклонуваних аналогів. Незважаючи на ці висновки, клони використовуватимуться здебільшого як племінне поголів'я, а не як джерело продуктів харчування.

Трансгенна тварина — це тварина, ДНК якої містить чужорідний ген, навмисно вставлений в її геном.



**Рис. 2.** Розділення ембріона великої рогатої худоби на 7 день за допомогою тонкого мікрохірургічного леза [59]  
**Fig. 2.** Embryo splitting of a day 7 cattle embryo using a fine microsurgical blade [59]

Трансгенні тварини генетично модифіковані генами іншого біологічного виду через трансплантацію гена або внаслідок молекулярних маніпуляцій з ендogenous геномною ДНК. Новий ген успадковується потомством так само, як і власні гени організму [40]. Існують різні методи трансгенезу — такі, як мікроін'єкція ДНК [26], перенесення ДНК у гамети [4], електропорація ДНК [50].

Трансгенних сільськогосподарських тварин можна використовувати як у селекції, так і в біомедицині. Отримано трансгенні особини, які мають стійкість до хвороб і покращені кількісні та якісні ознаки, — наприклад, трансгенні корови, які дають молоко з підвищеним вмістом  $\alpha$ -казеїну та  $\epsilon$ -казеїну. Важливим досягненням стало виробництво трансгенних корів, стійких до маститу. Тривають дослідження щодо виробництва екологічно чистих трансгенних особин або використання таких тварин у базових дослідженнях як моделі для розуміння різних фізіологічних процесів у сільськогосподарських тварин і людей [34, 56].

Аналізуючи дані науки і практики, треба відзначити, що у скотарстві провідних країн світу широко використовують біотехнологічні методи відтворення. Хоча деякі з цих технологій були доступні впродовж кількох десятиліть, їхнє використання обмежене медичними дослідженнями, а застосування на сільськогосподарських тваринах значно відстає від біомедичних галузей. Впровадження цих технологій у тваринництві й надалі відбувається повільно через складність, витрати та неефективність. Крім того, несприйняття громадськістю може завадити комерціалізації у найближчому майбутньому. Регулювання клонованих і трансгенних тварин потребуватиме постійних обговорень і розробок, щоб витримати суспільний контроль. Виробництво клонованої і трансгенної худоби залишиться, але усвідомлення їх повної перспективи та впливу на добробут тварин, екологічні проблеми та продовольчу безпеку потребуватиме визнання споживачів.

В Україні сьогодні реально можливим є використання таких біотехнологічних методів відтворення у скотарстві: штучне осіменіння, трансплантація ембріонів, синхронізація статевої охоти, розділення сперми за статтю.

## Висновки

Останні досягнення в області репродуктивних біотехнологій забезпечують потужний інструмент, який можна використовувати для покращення виробництва та вирішення проблем тваринництва в майбутньому. Застосування цих технологій допоможе впоратися з обмеженою доступністю ресурсів і одночасно підвищеною потребою у виробництві харчових продуктів. Виробники можуть впроваджувати швидкі генетичні зміни, щоб створити наступне покоління чудових тварин, що буде важливим у післявоєнний період. Крім того, введення нових генів у популяцію за допомогою трансгенних методологій може бути

корисним для навколишнього середовища, виробників і споживачів в умовах глобальних змін клімату. Для збереження генетично цінних тварин та відновлення поголів'я худоби у післявоєнний період в Україні доцільно активізувати в установах НААН дослідження з розроблення та впровадження новітніх репродуктивних біотехнологій у практику скотарства: запліднення *in vitro*, клонування, створення трансгенних тварин.

- American Embryo Transfer Association web site. Available at: <http://www.aeta.org>
- Andrushko OB, Sharan MM, Yaremchuk IM, Korbetsky AR, Panich AP, Atamaniuk IS. Physiological and biochemical characteristics of bull sperm for use egg yolk and soy lecithin in diluents for cryopreservation. *Biol. Tvarin.* 2012; 14 (1–2). Available at: <http://aminbiol.com.ua/index.php/archive?catid=1:2013-02-15-09-09-13&id=179:2013-03-09-11-41-06> (in Ukrainian)
- Anel L, Kaabi M, Abroug B, Alvarez M, Anel E, Boixo JC, de la Fuente LF, de Paz P. Factors influencing the success of vaginal and laparoscopic artificial insemination in churra ewes: a field assay. *Theriogenol.* 2005; 63 (4): 1235–1247. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2004.07.001.
- Baccetti B, Spadafora C. Sperm-mediated gene transfer: Advances in sperm cell research and applications. *Proc. Workshop "Sperm-Mediated Gene Transfer: Advances in Sperm Cell Research and Applications"*, May 23–26, 1999, Siena, Italy. *Mol. Reprod. Dev.* 2000; 56 (S2): 227. DOI: 10.1002/(SIC)1098-2795(200006)56:2+3%3C227::AID-MRD1%3E3.0.CO;2-H.
- Ball PJH, Peters AR (eds). *Reproduction in Cattle*. 3<sup>rd</sup> ed. Hoboken, New Jersey, United Kingdom Blackwell Publishing Ltd., 2004. ISBN 9781405115452 (print). ISBN 9780470751091 (online). DOI: 10.1002/9780470751091.
- Bashchenko MI, Kovtun SI. The current state and prospects of the use of biotechnology in animal husbandry. *Taur. Sci. Herald. Agricult. Sci.* 2012; 78 (2/1): 95–99. Available at: [http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/78-2-1\\_2012/25.pdf](http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/78-2-1_2012/25.pdf) (in Ukrainian)
- Betteridge KJ. A history of farm animal embryo transfer and some associated techniques. *Anim. Reprod. Sci.* 2003; 79 (3–4): 203–244. DOI: 10.1016/S0378-4320(03)00166-0.
- Bezuhlyi MD. About reforms and prospects for the development of agrarian science. *Bull. Agricult. Sci.* 2011; 10: 7–11. (in Ukrainian)
- Blezinger SB. Embryo transfers becoming more popular with procedures, cattle today. Available at: <http://www.cattletoday.com/archive/2007/May/CT987.shtml>
- Blezinger SB. Estrous synchronization a valuable tool in management of cows and heifers. Cattle Today, Inc, 2000.
- Bousquet D, Blondin P. Review: Potential uses of cloning in breeding schemes: dairy cattle. *Clon. Stem Cells.* 2004; 6 (2): 190–197. DOI: 10.1089/1536230041372373.
- Cherniak N, Honcharuk O. Sexed sperm is an innovation in dairy farming at the stage of herd reproduction management. Available at: <http://milkuia.info/uk/post/seksovana-sperma-innovacia-u-molocnomu-skotarstvi-na-etapi-upravlinna-vidtvorennam-stada> (in Ukrainian)
- Choudhary KK, Kavya KM, Jerome A, Sharma RK. Advances in reproductive biotechnologies. *Vet. World.* 2016; 9 (4): 388–395. DOI: 10.14202/vetworld.2016.388-395.
- Cowan T, Becker GS. Biotechnology in animal agriculture: Status and current issues. *Congress. Res. Serv.* 2010. Available at: <https://nationalaglawcenter.org/wp-content/uploads/assets/crs/RL33334.pdf>
- De Jong E, Vanderhaeghe C, Lopèz-Rodríguez A, Simoens P, Van Soom A, De Kruif A, Maes D. Ultrasonography of the ovaries in the sow: a helpful tool to determine the time of insemination. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift.* 2009; 78 (4): 276–281. Available at: <https://vdt.ugent.be/?q=en/content/78-4-276-281>
- Fereja GB. Use of biotechnology in livestock production and productivities: A review. *Intern. J. Res. Granthaalayah.* 2016; 4 (6): 100–109. DOI: 10.29121/granthaalayah.v4.i6.2016.2643.
- Foote RH. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *J. Anim. Sci.* 2002; 80 (2): 1–10. DOI: 10.2527/animalsci2002.80E-Suppl\_21a.
- Gale HF. Commercialization of food consumption in rural China. *USDA-ERS Econ. Res. Rep.* 2005; 8: 43 p. DOI: 10.2139/ssrn.770328.
- Garner DL, Seidel GE. History of commercializing sexed semen for cattle. *Theriogenol.* 2008; 69 (7): 886–895. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2008.01.006.
- Hasler J. Factors influencing the success of embryo transfer in cattle. *World Buiatr. Congr.* Jul 16 2004, Québec, Canada. 2004; 34: 66. Available at: <https://www.ivos.org/library/wab/wbc-congress-canada-2004/factors-influencing-success-of-embryo-transfer-cattle>
- Hasler JF. The current status and future of commercial embryo transfer in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 2003; 79 (3–4): 245–264. DOI: 10.1016/S0378-4320(03)00167-2.
- Heyman Y. Nuclear transfer: A new tool for reproductive biotechnology in cattle. *Reprod. Nutr. Dev.* 2005; 45 (3): 353–361. DOI: 10.1051/rnd:2005026.
- Holm DE, Thompson PN, Irons PC. The economic effects of an estrus synchronization protocol using prostaglandin in beef heifers. *Theriogenol.* 2008; 70 (9): 1507–1515. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2008.06.098.
- Johnson LA, Rath D, Vazquez JM, Maxwell WMC, Dobrinsky JR. Preselection of sex of offspring in swine for production: current status of the process and its application. *Theriogenol.* 2005; 63 (2): 615–624. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2004.09.035.
- Kosenko Y, Vlizlo V, Kuzmina N, Ostapiv D. Catalase activity, respiration intensity and spermatozoa survival in bull ejaculates. *XXV Jub. Intern. Congress Hung. Assoc. Buiatr.* September 13–16, 2015, Budapest, Hungary. *Magyar Állatorvosok Lapja.* 2015; 137 (S1): 241–244. Available at: <https://univet.hu/files/subpages/153/files/MAL-Supplement1-2015.pdf>
- Krimpenfort P, Rademakers A, Eyestone W, van der Schans A, van den Broek S, Kooiman P, Kootwijk E, Platenburg G, Pieper F, Strijker R, de Boer H. Generation of transgenic dairy cattle using *in vitro* embryo production. *Biotechnol.* 1991; 9: 844–847. DOI: 10.1038/nbt0991-844.
- Lamb C. What are the long-term impacts of estrus synchronization and artificial insemination? 2015. Available at: <http://nwdistrict.ifas.ufl.edu/phag/2015/10/09/what-are-the-long-term-impacts-of-estrus-synchronization-and-artificial-insemination>
- Larson JE, Lamb GC, Funnell BJ, Bird S, Martins A, Rodgers JC. Embryo production in superovulated Angus cows inseminated four times with sexed-sorted or conventional, frozen-thawed semen. *Theriogenol.* 2010; 73 (5): 698–703. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2009.11.009.
- Leitman NR, Busch DC, Mallory DA, Wilson DJ, Ellersieck MR, Smith MF, Patterson DJ. Comparison of long-term CIDR-based protocols to synchronize estrus in beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 2009; 114 (4): 345–355. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2008.10.014.
- Manafi M (ed.). *Artificial Insemination in Farm Animals*. London, IntechOpen Publisher, 2011: 314 p. DOI: 10.5772/713.
- Maquivar M, Verdusco A, Galina CS, Pulido A, Rojas S, Forster K, Van der Laan G, Arnoni R. Relationship among follicular growth, oestrus, time of ovulation, endogenous estradiol 17 $\beta$  and luteinizing hormone in *Bos indicus* cows after a synchronization program. *Reprod. Domest. Anim.* 2007; 42 (6): 571–576. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2006.00821.x.
- Moore K, Thatcher WW. Major advances associated with reproduction in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2006; 89 (4): 1254–1266. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72194-4.
- Morrell JM, Rodriguez-Martinez H. Practical applications of sperm selection techniques as a tool for improving reproductive efficiency. *Vet. Med. Int.* 2010; 2011: 894767. DOI: 10.4061/2011/894767.
- Niemann H, Kues WA, Carnwath JW. Transgenic farm animals: Present and future. *Rev. Sci. Tech.* 2005; 24 (1): 285–298. DOI: 10.20506/rst.24.1.1568.
- Noseir WMB. Ovarian follicular activity and hormonal profile during estrous cycle in cows: the development of 2 versus 3 waves. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2003; 1: 50. DOI: 10.1186/1477-7827-1-50.
- O'Brien JK, Hollinshead FK, Evans G, Maxwell WMC. *In vivo* developmental capacity of *in vitro*-produced embryos derived from sex-sorted and re-cryopreserved frozen-thawed ram sperm. *Reprod. Fertil. Dev.* 2003; 16 (2): 286. DOI: 10.1071/RDv16n1Ab332.

37. Ostapiv RD, Manko VV, Yaremchuk IM, Ostapiv DD. Sperm respiration intensity and survival of spermatozoa with taurine addition in diluted bull ejaculates. *Biol. Tvarin*. 2014; 16 (3): 110–115. DOI: 10.15407/animbio16.03.110. (in Ukrainian)
38. Phillips PE, Jahnke MM. Embryo transfer (techniques, donors and recipients). *Vet. Clin. North Amer. Food Anim. Pract.* 2016; 32 (2): 365–385. DOI: 10.1016/j.cvfa.2016.01.008.
39. Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF<sub>2α</sub> and GnRH. *Theriogenol.* 1995; 44 (7): 915–923. DOI: 10.1016/0093-691X(95)00279-H.
40. Rajoriya R, Rajoriya S, Kumar N. Transgenic animals: prospects for improving livestock productivity. *J. Bio Innov.* 2013; 2 (5): 240–259. Available at: [https://www.jbino.com/docs/Issue05\\_05\\_2013.pdf](https://www.jbino.com/docs/Issue05_05_2013.pdf)
41. Reik W. Stability and flexibility of epigenetic gene regulation in mammalian development. *Nature*. 2007; 447: 425–432. DOI: 10.1038/nature05918.
42. Seidel JG. Overview of sexing sperm. *Theriogenol.* 2007; 68 (3): 443–446. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2007.04.005.
43. Sharan MM. Experimental substantiation and improvement of methods of transplantation and cryopreservation of cattle embryos. Diss. Doct. Agricult. Sci. 03.00.20. The Institute of Animal Biology, Lviv, 2010: 351 p. (in Ukrainian)
44. Sharan MM. Indications of fertilization in cows by the use of biologically active substances with the semen of bulls. *Farmer*. 2009; 1 (2): 12–15. (in Ukrainian)
45. Sharan MM. Use of sedatives and muscle relaxants during embryo transplantation. *Farmer*. 2009; 3 (4): 29–32. (in Ukrainian)
46. Stroud B. International Embryo Transfer Society (IETS). Statistics and data retrieval committee report. *IETS Newsletter*. 2012; 30: 15–26. Available at: <https://www.iets.org/Portals/0/Documents/Public/Committees/DRC/December2012.pdf>
47. The state of food and agriculture. Livestock in the balance. FAO. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. Available at: <https://www.fao.org/3/i0680e/i0680e.pdf>
48. Thibier M. International Embryo Transfer Society (IETS). Data retrieval committee annual report. *IETS Newsletter*. 2006; 24: 12–18. Available at: <https://www.iets.org/Portals/0/Documents/Public/Committees/DRC/December2007.pdf>
49. Thibier M. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Reprod. Nutr. Dev.* 2005; 45 (3): 235–242. DOI: 10.1051/rnd:2005016.
50. Transgenics T. Taconic W4/129S6 Embryonic Stem Cells. Available at: [http://www.taconic.com/emerging/ESCCells/ES\\_WEB.htm](http://www.taconic.com/emerging/ESCCells/ES_WEB.htm)
51. Trasorras V, Chaves MG, Neild D, Gambarotta M, Aba M, Agüero A. Embryo transfer technique: Factors affecting the viability of the corpus luteum in llamas. *Anim. Reprod. Sci.* 2010; 121 (3–4): 279–285. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2010.06.004.
52. Van Zyl N. The role of assisted reproductive techniques (art's) in building a competitive livestock industry. *African Livestock Conference and Exhibition*. 2014. Available at: <https://www.slideshare.net/LivestockAfrica/the-role-of-assisted-reproductive-techniques-arts-in-building-a-competitive-livestock-industry-by-dr-neil-van-zyl>
53. Vishwanath R. Artificial insemination: the state of the art. *Theriogenol.* 2003; 59 (2): 571–584. DOI: 10.1016/S0093-691X(02)01241-4.
54. Wall R, Laible G, Maga E, Seidel G, Whitelaw C. Animal productivity and genetic diversity: cloned and transgenic animals. *CAST*. 2009; 43 (8): 16 p. Available at: <https://www.cast-science.org/wp-content/uploads/2018/12/CAST-Animal-Productivity165.pdf>
55. Warriach HM, McGill DM, Bush RD, Wynn PC, Chohan KR. A review of recent developments in buffalo reproduction — a review. *AJAS*. 2015; 28 (3): 451–455. DOI: 10.5713/ajas.14.0259.
56. Wells DJ. Genetically modified animals and pharmacological research. In: Cunningham F, Elliott J, Lees P. *Comparative and Veterinary Pharmacology*. Springer, 2010: 213–226. DOI: 10.1007/978-3-642-10324-7\_9.
57. Widayati DT. Embryo transfer as an assisted reproductive technology in farm animals. 2012. DOI: 10.5281/zenodo.1061796.
58. Williams TJ, Elsdon RP, Seidel GE Jr. Pregnancy rates with bisected bovine embryos. *Theriogenol.* 1984; 22 (5): 521–531. DOI: 10.1016/0093-691X(84)90051-7.
59. Worku A. Assessment of breeding practices and evaluation of mass oestrus synchronization and mass insemination techniques in dairy cattle in West Shoa zone. Master's thesis. Dire Dawa, Ethiopia: Haramaya University, 2015.

## The status and prospects of reproductive biotechnology application to increase productivity in cattle breeding

M. M. Sharan, Yu. T. Salyha  
m\_sharan@ukr.net

Institute of Animal Biology NAAS,  
38 V. Stusa str., Lviv, 79034, Ukraine

The purpose of the work was to analyze the situation regarding to the status and prospects for the use of reproductive biotechnology to increase productivity in cattle breeding. In the conditions of dynamic growth of the planet's population, global climate changes and the russian-Ukrainian war, food security in the whole world and in Ukraine in particular has become a key issue. To increase food stocks of animal origin, it is necessary first of all to intensify dairy and meat cattle breeding with the involvement of the best world genetics. This becomes possible thanks to the application of modern biotechnological methods of reproduction, some of which (artificial insemination, embryo transplantation) are successfully used in the world and in Ukraine, the other part (*in vitro* fertilization, cloning, creation of transgenic animals) is constantly developing and improving in countries with developed cattle breeding. Technologies of artificial insemination and transplantation of cattle embryos have been improved in Ukraine. Artificial insemination has been introduced into the practice of cattle breeding, work on embryo transplantation is being resumed, and in recent years, dairy farms have used sperm of bulls separated by sex. Scientists of the institutions of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine conduct sporadic experiments on *in vitro* fertilization and the creation of transgenic animals, which requires the expansion and deepening of these areas of research. To overcome modern challenges related to climate change and war, it is advisable to use biotechnological methods of reproduction in cattle breeding. For this, research on the development and implementation of the latest reproductive biotechnologies should be intensified: embryo transplantation, *in vitro* fertilization, creation of transgenic animals.

**Key words:** cattle, reproduction, biotechnology, transplantation, embryo, cloning, transgenesis, *in vitro* fertilization





## Вудмасці Ігорю Васильовичу — 60!

**6 вересня 2022 року**

**доктору сільськогосподарських наук, професору,  
заступнику директора з наукової роботи  
Інституту біології тварин НААН  
Вудмасці Ігорю Васильовичу  
виповнилося 60 років**

Вудмаска Ігор Васильович народився 6 вересня 1962 р. у м. Луцьк Волинської області. У 1986 р. закінчив Українську сільськогосподарську академію (м. Київ) за спеціальністю «ветеринарія» з присвоєнням кваліфікації ветеринарний лікар. З 1989 по 1991 рр. навчався в аспірантурі з відривом від виробництва Українського науково-дослідного інституту фізіології та біохімії сільськогосподарських тварин Південного відділення ВАСГНІЛ (нині Інститут біології тварин НААН). У 1992 р. захистив кандидатську дисертацію на тему: «Метаболічна і продуктивна дія ріпакової олії з низьким і високим вмістом ерукової кислоти при використанні її в годівлі телят» за спеціальністю 03.00.04 — «біохімія». З 1992 до 2007 рр. працював на посадах від молодшого до провідного наукового співробітника Інституту біології тварин НААН. У 2005 р. присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника за спеціальністю «біохімія». З січня 2007 р. до січня 2012 р. — завідувач лабораторії живлення ВРХ; з 2012 до 2017 рр. — головний науковий співробітник, а з 2017 до 2019 рр. — завідувач лабораторії живлення та біосинтезу продукції жуйних. Одночасно у 2006–2012 рр. — доцент і професор кафедри екології та біології Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького за сумісництвом. З листопада 2019 р. — в. о. заступника директора з наукової роботи, а з жовтня 2020 р. — заступник директора з наукової роботи Інституту біології тварин НААН.

У 2008 р. захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук на тему: «Метаболізм у рубці та його вплив на жирнокислотний склад ліпідів молока корів за різного вуглеводного і ліпідного складу раціону» за спеціальністю 03.00.04 — «біохімія». У 2015 р. присвоєно вчене звання професора. Науковий стаж — 33 роки. Під керівництвом І. В. Вудмаски досліджено: інтенсивність утворення окремих ізомерів ненасичених жирних кислот у рубці та їх використання для синтезу ліпідів молока за різного вуглеводного й ліпідного складу раціону корів; вплив протеїнового складу раціону корів на процеси травлення і використання молочною залозою метаболітів білкового обміну для синтезу молока; встановлено: синтез бактеріями рубця розгалужених жирних кислот залежить від співвідношення фракцій вуглеводів у раціоні та рН; додавання бікарбонату натрію до раціону з високим вмістом крохмалю та цукру сприяє збільшенню кількості рубцевої і вакценової кислот у ліпідах молока і збільшує вміст жиру у молоці;

обґрунтовано необхідність враховувати вміст біологічно активних транс-ізомерів олеїнової та лінолевої кислот за встановлення харчової цінності молока жуйних; вплив різних кількостей Селену та вітаміну Е на ізомерний склад жирних кислот м'яса і молока; уточнено оптимальні кількості введення Селену та вітаміну Е до раціону ВРХ, вплив розміру частинок згодовуваного курям вапняку на показники ліпідного обміну; виявлено вплив вітаміну D<sub>3</sub> на імунний та антиоксидантний статус курей, протикетозну дію підвищеного вмісту вітаміну Е у раціоні корів; показано ефективність одночасного згодовування пропіленгліколю, вітаміну Е, метіоніну та карнітину для профілактики кетозу.

І. В. Вудмаска є членом вченої ради Інституту, а з 2019 р. — заступником голови вченої ради, членом спеціалізованої вченої ради Д 35.368.01 із захисту докторських дисертацій за спеціальністю «біохімія» та «фізіологія людини і тварин» при Інституті біології тварин НААН, науково-методичної координаційної ради, Державної фармакологічної комісії ветеринарної медицини України. Ігор Васильович — заступник голови методичної комісії, а з 2019 р. — голова методичної комісії, науковий редактор журналу «Біологія тварин», член редколегії «Науково-технічного бюлетеня Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок».

За сприяння І. В. Вудмаски підвищено результативність наукових досліджень, покращено підготовку наукових кадрів, розширено наукові зв'язки з провідними науковими центрами, закладами вищої освіти та зарубіжними вченими.

За багаторічну сумлінну працю Вудмаска Ігор Васильович нагороджений: Почесною Грамотою Президії НААН (2012) та Почесною Відзнакою НААН (2015), Почесними Грамотами Головного управління агропромислового розвитку (2008), Львівської міської ради (2015), Департаменту агропромислового розвитку Львівської ОДА (2020). Лауреат Премії імені С. З. Ґжицького (2018).

Ігор Васильович є автором понад 270 наукових праць, опублікованих як у вітчизняних, так і закордонних виданнях, зокрема у співавторстві однієї монографії, одного довідника, двох Технічних умов України, двох патентів України.

Під керівництвом професора Вудмаски Ігоря Васильовича підготовлено і захищено шість кандидатських дисертацій, триває підготовка наукових кадрів в аспірантурі.

*Колектив працівників Інституту біології тварин НААН щиро вітає ювіляра,  
зичить міцного здоров'я і творчого довголіття!*





## Сализі Юрію Тарасовичу — 50!

**18 вересня 2022 року**  
**доктору біологічних наук,**  
**старшому науковому співробітнику,**  
**директорові Інституту біології тварин НААН**  
**Сализі Юрію Тарасовичу**  
**виповнилося 50 років**

Салига Юрій Тарасович народився 18 вересня 1972 р. у м. Львів. У 1994 р. закінчив Львівський національний університет імені Івана Франка за спеціальністю «біологія» з присвоєнням кваліфікації біолог, викладач біології і хімії. З 1996 по 1999 рр. навчався в аспірантурі Інституту біології тварин УААН за спеціальністю 03.00.13 — «фізіологія людини і тварин». 2001 р. у Львівському національному університеті імені Івана Франка захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук. З 1997 по 2000 рр. працював на посадах молодшого наукового і наукового співробітника Інституту біології тварин УААН. У 2000 р. призначений на посаду завідувача відділу науково-технічної інфраструкції і приладного забезпечення, а з 2007 р. — завідувача лабораторії обміну речовин. У 2011 р. отримав вчене звання старшого наукового співробітника. У 2016 р. в Інституті біології тварин НААН захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю «03.00.04».

У жовтні 2019 р. призначений на посаду директора Інституту біології тварин НААН за результатами виборів трудового колективу.

Юрій Салига вперше провів дослідження з нейротоксичності хлорпірифосу на культурі нейронів гіпокампу тварин, запропонував комплексну схему біохімічного механізму токсичності хлорпірифосу. Встановив ризики і високий рівень небезпеки застосування фосфор-органічних пестицидів, які до цього не були виявлені. У співпраці з французькими науковцями отримав вагомі результати стосовно окремих молекулярно-біологічних і нейрофізіологічних механізмів нейрогенезу в нормі і за патології. Матеріали досліджень стосовно нейротоксикологічних ризиків застосування у сільському господарстві та побуті інсектецидних препаратів на основі хлорпірифосу були використані профільним комітетом міністерства сільського господарства Австралії.

Юрій Салига проходив стажування у Латвії, Швейцарії, Франції. Переможець конкурсу *MindSketch* незалежної аналітичної платформи *VoxUkraine* (2015). Керівник двох проєктів: 1) №GTR3-16-62127-0 за отриманим грантом Фонду цивільних досліджень та розвитку США (ФЦДР) «Покращення біобезпеки в Інституті біології тварин НААН» (2015–2016); 2) Федерації європейських нейронаукових товариств (FENS). Крім того, отримував індивідуальні наукові гранти від НАТО (2003), IBRO (2004, 2006), INSERM (2008), EGIDE (№693489G, 2010). Салига Ю.Т. презентував результати своїх наукових досліджень на різноманітних симпозиумах, конференціях (Польща, Великобританія, Німеччина, Румунія, Франція, США).

Ю. Т. Салига є високоавторитетним учасником наукової спільноти України, членом низки наукових товариств. Проводить активну науково-популяризаторську, просвітницьку роботу, часто виконує роль рецензента для вітчизняних журналів, а також видань *Elsevier* і *Springer*, є представником від України у комітеті Рамкової програми ЄС з досліджень та інновацій «Горизонт 2020» та «Горизонт Європа» «Науково-дослідницькі інфраструктури». У 2020–2022 рр. входив до складу експертної комісії з оцінювання конкурсних робіт у секції біології, медицини та аграрних наук Наукової ради Національного фонду досліджень України, а також був у складі експертної групи Міністерства екології та природних ресурсів України з питань розробки Національної стратегії поводження з відходами (підгрупа КРП 5). Юрій Салига — член міжнародної організації дослідників мозку IBRO; брав участь у роботі історичного комітету Федерації європейських нейронаукових товариств FENS. Крім того, Юрій Тарасович є членом Українського фізіологічного товариства імені П. Г. Костюка, Українського біохімічного товариства, Українського товариства нейронаук (у 2017 р. обраний до складу керівної ради цього товариства).

Юрій Салига має значний досвід адміністративної та науково-організаційної роботи. Під його керівництвом було вперше проведено і започатковано І Українсько-Польський науковий форум «Агробіоперспективи» (Львів, 2021), акредитовано освітню наукову програму за спеціальністю 091 — «Біологія» (2021).

Ю. Т. Салига є автором понад 140 наукових праць, зокрема двох монографій, одного довідника, трьох науково-методичних рекомендацій, двох патентів України; автором книги «Електронна мікроскопія біологічних об'єктів», яка є першим і практично єдиним комплексним виданням цієї проблематики в Україні.

Салига Ю. Т. є головою Вченої ради, Координаційно-методичної ради, методичної комісії Інституту біології тварин НААН. Під керівництвом Салиги Юрія Тарасовича підготовлено і захищено дві кандидатські дисертації, триває підготовка трьох аспірантів.

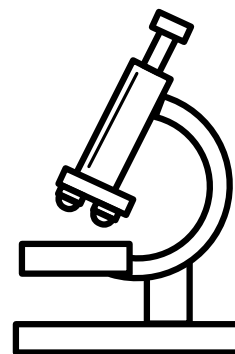
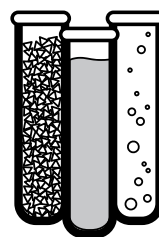
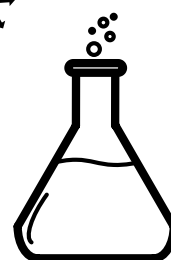
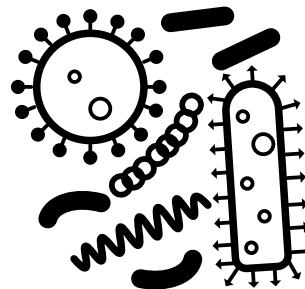
Юрій Салига є головним редактором журналу «Біологія тварин», входить до редколегії журналів «Frontiers in Bioengineering and Biotechnology» та «Frontiers in Molecular Biosciences».

Директор Інституту Салига Юрій Тарасович нагороджений Грамотою Львівської обласної державної адміністрації (2019), Дипломами Львівської обласної державної адміністрації та Львівської обласної ради (2020), Подяками Президії НААН (2021) та Львівської міської ради (2021), а також Почесною Грамотою Президії НААН (2022).

*Колектив працівників Інституту біології тварин НААН  
 щиро вітає ювіляра, зичить міцного здоров'я і творчого довголіття!*

# ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТВАРИН НААН ПРОВОДИТЬ:

- Дослідження біохімічних показників (аналізатор *Humalyzer 2000*, Німеччина)
- Гематологічний аналіз (аналізатор *Mythic-18Vet*, Швейцарія)
- Мікробіологічні дослідження (посів на стерильність, антибіограма, склад мікрофлори кишечника тварин, мікробіологічний аналіз кормів, води, повітря)
- Імуноферментні дослідження (аналізатор *Stat Fax 3000*, Німеччина)
- Оцінка репродуктивної здатності тварин, штучне осіменіння, трансплантація ембріонів
- Селекційно-генетичні дослідження
- Дослідження кормів
- Дослідження молока
- Дослідження яєць
- Визначення показників якості меду
- Дослідження вовни і волосся
- Атомно-абсорбційний і атомно-емісійний аналіз концентрації хімічних елементів
- Аналіз органічних добрив



Організовує проведення досліджень на лабораторних тваринах і надає кваліфіковану інтерпретацію отриманих результатів.

\* можливе проведення інших досліджень

\*\* всі лабораторії інституту акредитовані для проведення досліджень

**Інститут біології тварин НААН**  
вул. В. Стуса 38, м. Львів, 79034  
тел.: +38 (032) 270-23-89, +38 (96) 858-37-76  
e-mail: [markinfo@inenbiol.com.ua](mailto:markinfo@inenbiol.com.ua)

*Завжди раді співпраці з Вами!*