

Meat indicators of broiler chickens at their feeding by combined feed with vermiculture biomass content

I. Osipenko¹ | S. Merzlov¹ | A. Polishchuk² | H. Merzlova¹✉

Article info

Correspondence Author

H. Merzlova

E-mail:

halyna.merzlova@btsau.edu.ua

¹ Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, 09100, Ukraine

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

Citation: Osipenko, I., Merzlov, S., Polishchuk, A., & Merzlova, H. (2023). Meat indicators of broiler chickens at their feeding by combined feed with vermiculture biomass content. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 79–83. doi: 10.31210/spi2023.26.02.14

The chemical composition of vermiculture biomass creates prerequisites for its effective use in poultry diets. Cultivation of vermiculture does not require the use of expensive components of the substrate. The main components are fermented animal manure and poultry droppings. An unexplored issue is establishing the efficiency of using the vermiculture biomass grown on a substrate containing manure fermented with the participation of biodestructors in the composition of broiler chicken feed. The purpose of our experiments was to determine the effect of different doses of vermiculture biomass obtained on a substrate with manure fermented by the action of biodestructors as part of compound feed on chemical parameters, toxicity, and biological value of broiler chickens' meat. For experiments, samples of femoral and pectoral muscles were taken from broiler chickens that reached 6 weeks of age and consumed different doses of worm biomass as part of compound feed. Chickens of the I–III research groups consumed compound feed containing 1.5–4.5 % of vermiculture biomass. Broilers from the control group consumed compound feed without addition of worms. The content of ash, moisture, dry matter, protein, fat and glycogen was studied in the muscles of the birds. In addition, the presence of toxic compounds in muscle tissue and its biological value were studied. During the study of the chemical composition of the muscle tissue of broiler chickens, it has been proven that when the bird consumes compound feed with a content of 3.0 and 4.5 % of vermiculture biomass, the mass fraction of moisture decreases by 1.1 and 1.2 %, respectively, relatively to the control one. The content of 3.0 and 4.5% of worms in compound feed leads to a tendency towards an increase in total protein and glycogen in the meat of broiler chickens. Feeding broiler chickens with vermiculture biomass in the composition of compound feed from 1.5 to 4.5% does not lead to the accumulation of chemical, biological substances or compounds in their muscle tissue that have a toxic effect on the *Tetrashimena piriformis* culture. By increasing the number of *Tetrashimena piriformis* cells, it has been proven that the meat of broiler chickens grown on feed with a content of 3.0–4.5 % of vermiculture biomass has a higher biological value by 10.9–12.7 % compared to birds that were fed with compound feed without content of worms.

Keywords: protein content, fat content, chemical composition, ash, glycogen, *Tetrashimena piriformis*.

Показники м'яса курчат-бройлерів за згодовування їм комбікорму із вмістом біомаси вермикультури

I. С. Осіпенко¹ | С. В. Мерзлов¹ | А. А. Поліщук² | Г. В. Мерзлова¹

¹ Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

² Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна

Хімічний склад біомаси вермикультури створює передумови ефективного використання її у раціонах птиці. Вирощування вермикультури не потребує застосування дорогокоштуючих складових субстрату. Основними компонентами є ферментований гній тварин та послід птиці. Невивченим питанням є встановлення ефективності використання біомаси вермикультури вирощеної на субстраті із вмістом посліду ферментованого за участі біодеструкторів у складі комбікормів курчат-бройлерів. Метою наших експериментів було встановити вплив різних доз біомаси вермикультури отриманої на субстраті із ферментованим за дії біодеструкторів послідом у складі комбікормів на хімічні показники, токсичність та біологічну цінність м'яса курчат-бройлерів. Для експериментів у курчат-бройлерів, які досягли 6 тижневого віку і споживали різні дози біомаси черв'яків у складі комбікормів відбирали проби стегових і грудних м'язів. Курчата I–III дослідних груп споживали комбікорми із вмістом 1,5–4,5 % біомаси вермикультури. Бройлери із контрольної групи споживали комбікорм без добавок черв'яків. У м'язах птиці досліджували вміст золи, вологи, сухої речовини, білка, жиру та глікогену. Крім того, вивчали наявність у м'язовій тканині токсичних сполук і її біологічну цінність. Під час дослідження хімічного складу м'язової тканини курчат-бройлерів доведено, що за споживання птицею комбікорму із вмістом 3,0 та 4,5 % біомаси вермикультури масова частка вологи знижується, відповідно, на 1,1 та 1,2 % відносно контролю. Вміст у комбікормі 3,0 та 4,5 % черв'яків призводить до тенденції щодо збільшення у м'ясі курчат-бройлерів загального білка та глікогену. Згодовування курчатам-бройлерам у складі комбікормів біомаси вермикультури від 1,5 до 4,5 % не призводить до накопичення у їх м'язовій тканині хімічних, біологічних речовин або сполук, які проявляють токсичний вплив на культуру *Tetrachimena piriformis*. За нарощуванням кількості клітин *Tetrachimena piriformis* доведено, що м'ясо курчат-бройлерів вирощених на кормах із вмістом 3,0–4,5 % біомаси вермикультури має більшу біологічну цінність на 10,9–12,7 % відносно птиці, якій згодовували комбікорми без вмісту черв'яків.

Ключові слова: вміст білка, вміст жиру, хімічний склад, зола, глікоген, *Tetrachimena piriformis*.

Бібліографічний опис для цитування: Осіпенко І. С., Мерзлов С. В., Поліщук А. А., Мерзлова Г. В. Показники м'яса курчат-бройлерів за згодовування їм комбікорму із вмістом біомаси вермикультури. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (2). С. 79–83.

Вступ

М'ясне птахівництво є досить динамічною галуззю виробництва м'яса як в нашій країні так і інших країнах світу. Україна виробляє значну кількість м'яса курчат-бройлерів на експорт. За рахунок смаковим якостям та низькій вартості курятини попит на м'ясо бройлерів постійно зростає. За даними міжнародних дослідників передбачається, що до 2050 року у світі на м'ясо курчат-бройлерів зростає попит на 58,0 %. Найбільшу динаміку можливо буде спостерігати у країнах, що розвиваються [1, 5, 6, 8].

Безпечність та якість м'яса бройлерів пов'язана із хімічним складом та якістю комбікормів, які їм згодують під час вирощування. За сучасних технологій для курчат-бройлерів застосовують повнораціонні комбікорми. На даний час використовують 4 види комбікормів (предстартер, стартер, гровер і фінішер). Від рецептури комбікорму і форми його складових залежить біодоступність поживних і біологічно активних речовин, а відповідно конверсія корму і продуктивність птиці. Комбікорми мають вплив на харчову цінність м'яса бройлерів. Білок корму (як джерело незамінних і доступних амінокислот) є одним із головних лімітуючих факторів у живленні птиці. Крім того, корми багаті на білок мають високу вартість [6, 18].

Від джерела білка залежить біодоступність амінокислот під час травлення корму у організмі птиці. Привабливим джерелом повноцінного білка (тваринного походження) для сільськогосподарської птиці є черв'яки [4, 6, 7, 10]. Крім того, біомаса вермикультури містить ліпіди, вуглеводи і інші біологічно активні речовини [2, 3]. Технологія вирощування черв'яків не передбачає використання високовартісного поживного середовища та устаткування. Основними компонентами поживного середовища є відходи рослинництва та тваринництва [6, 9].

За даними дослідників із технологічної точки зору не існує перешкод великомасштабного виробництва біомаси вермикультури та комах. Таку біомасу (як альтернативний білковий корм тваринного походження) можливо успішно застосовувати за годівлі сільськогосподарської птиці [11, 12].

Нами відпрацьовані елементи технології вирощування біомаси черв'яків на субстраті із вмістом посліду птиці із підстилкою ферментованого за участі біодеструкторів.

Не дослідженим залишається питання щодо позитивного впливу отриманої біомаси вермикультури у складі комбікормів курчат-бройлерів на показники

хімічного складу, токсичність та біологічну цінність їх м'яса.

Мета дослідження

Метою, досліджень було встановлення хімічного складу, біологічної цінності і токсичності м'яса курчат-бройлерів, яким згодували біомасу вермикультури вирощену на субстраті із послідом ферментованим прискореним методом.

Матеріали і методи

М'ясо для дослідження відбирали із тушок курчат-бройлерів (вік 42 доби) яких вирощували на комбікормі із вмістом біомаси вермикультури. Птиця із контрольної групи споживала стандартні комбікорми (предстартер, стартер, гровер та фінішер). Курчатам-бройлерам із I дослідної групи згодували комбікорми із вмістом 1,5 % біомаси вермикультури вирощеної на субстраті із вмістом посліду ферментованого прискореним методом із використання біодеструктора. Бройлери II та III дослідної групи були забезпечені комбікормами, які містили по 3,0 та 4,5 % біомаси вермикультури. З кожної групи відбирали по 5 тушок. Із кожної тушки відбирали проби із стегових та грудних м'язів по 50–60 г.

У м'язовій тканині птиці досліджували уміст золи, вологи та сухої речовини відповідно до ДСТУ ISO 1442 та ДСТУ ISO 936. Вміст жиру у м'ясі бройлерів визначали згідно (ДСТУ ISO 1443), вміст загального білка встановлювали за методикою описаною у нормативному документі (ДСТУ 3143) [14–17]. Вміст глікогену досліджували керуючись методикою Кемпа [13]. Наявність токсичних сполук у м'язовій тканині курчат та її біологічну цінність визначали згідно методики описаної Микитюком П. В. за використання *Tetrachimena piriformis* (трьохдобова культура штаму WH₁₄) [20]. Одержані експериментальними методами цифрові данні біометрично обробляли згідно із Монцевічюте-Ерингене [19].

Результати та їх обговорення

За дослідження хімічного складу м'яса бройлерів встановлено, що вміст вологи у зразках із дослідних груп був нижчим ніж у контролі. У м'язовій тканині курчат із II та III дослідних груп вміст вологи був менший, відповідно, на 1,1 та 1,2 % відносно контролю. Різниця не мала статистичної значущості (табл. 1).

Таблиця 1

Показники хімічного складу м'яса курчат-бройлерів, %, M±m, n=5

Показник	Група			
	контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Волога	71,7±1,14	71,3±2,05	70,6±0,95	70,5±2,15
Суха речовина	28,3±0,65	28,7±0,89	29,4±0,85	29,5±0,97
Загальний білок	20,1±0,48	20,6±0,55	21,1±0,61	21,2±0,81
Жир	5,3±0,21	5,2±0,18	5,1±0,14	5,2±0,24
Глікоген	1,6±0,09	1,7±0,10	1,8±0,08	1,7±0,09
Сира зола	1,3±0,05	1,3±0,08	1,4±0,06	1,4±0,07

Доведено незначне збільшення на 0,4 % вмісту сухої речовини у м'язовій тканині бройлерів із I дослідної групи. Найвищий вміст сухої речовини було встановлено у зразках м'яса птиці, яка споживала комбікорми із вмістом 4,5 % біомаси вермикультури.

Присутність черв'яків у комбікормі для птиці II та III дослідної групи сприяла збільшенню вмісту загального білка у м'язовій тканині, відповідно, на 1,0 та 1,1 %.

Уміст жиру у зразках м'яса бройлерів I дослідної групи на 0,1 % був нижчим ніж у контролі. Згодовування курчатам-бройлерам 3,0 та 4,5 % біомаси черв'яків у складі комбікормів не сприяло підвищенню вмісту жиру у м'язовій тканині птиці.

Встановлена тенденція щодо зростання вмісту глікогену у м'ясі курчат-бройлерів, яким згодовували комбікорми із вмістом 3,0 % біомаси вермикультури.

Вміст золи у м'язовій тканині курчат-бройлерів I дослідної групи був аналогічним, як у контролі. У зразках м'яса із II та III дослідної групи вміст золи був більшим ніж у контролі на 0,1 %.

Поряд із хімічним складом м'яса курчат-бройлерів досліджували його біологічну цінність із використанням 4-х добової культури *Tetrachimena piriformis*. Даний спосіб передбачає застосування тест-організмів, які є чутливі до вмісту біологічних і хімічних сполук у м'ясі, що дає змогу проведення токсичних досліджень продовж короткого проміжку часу (від 1 до 24 годин). За 72 години за допомогою інфузорій можливо визначити біологічну цінність м'яса [20].

Доведено, що клітини *Tetrachimena piriformis*, яких вирощували на середовищі із вмістом гомогенату з грудних м'язів бройлерів I–III дослідних груп за етологічними показниками не різнились від клітин інфузорій, які культивувались на середовищі із вмістом гомогенату із грудних м'язів курчат контрольної групи. У полі зору мертвих інфузорій на дослідних середовищах не було помічено. Дані клітини мали округлу форму із вираженим прямолінійним рухом. Патологічних форм клітин із неправильними рухами не було виявлено.

Також, клітини *Tetrachimena piriformis*, яких культивували на середовищах із вмістом гомогенатів із м'язів стегна курчат-бройлерів, яким згодовували

комбікорми із біомасою вермикультури (1,5; 3,0 та 4,5 %) мали природні випуклі форми із природньою рухливістю. Форма і рухи клітин нічим не відрізнялись від контрольних інфузорій.

Згідно етологічних досліджень *Tetrachimena piriformis*, яку вирощували на середовищах із вмістом гомогенатів із м'язів стегна і грудей дослідної птиці доведено, швидке нарощування кількості клітин. Під час спостереження постійно відмічали утворення нових клітин шляхом їх поділу навпіл. Чисельність інфузорій збільшилась у 7–8 раз відносно культури, яку вирощували на 0,56 % розчині морської солі.

Показники росту і розмноження інфузорій на середовищі із вмістом м'язів (стегна і грудей) курчат-бройлерів, які споживали комбікорм без добавок біомаси вермикультури були аналогічні дослідним зразкам

Отже, вирощування курчат-бройлерів на комбікормах із вмістом біомаси вермикультури не супроводжується утворенням і акумулюванням у їх м'язовій тканині речовин, які проявляють токсичний вплив на інфузорії *Tetrachimena piriformis*.

В основу встановлення біологічної цінності м'язової тканини птиці, що із комбікормами споживала біомасу вермикультури покладено швидкість нарощування чисельності інфузорій *Tetrachimena piriformis* у середовищі. Біологічна цінність м'яса курчат-бройлерів вважається вищою у тому випадку, коли в середовищі із вмістом останнього утвориться більше клітин *Tetrachimena piriformis* за 72 годинного культивування у термостаті порівнюючи із аналогічними середовищами із гомогенатом з м'язової тканини птиці іншої дослідної чи контрольної групи [20].

Проводячи підрахунок *Tetrachimena piriformis* встановлено, що в см³ середовища куди вносили гомогенат із стегових та грудних м'язів бройлерів, які не споживали комбікорму із вмістом біомаси вермикультури кількість клітин становила, відповідно, $9,11 \times 10^4$ та $9,24 \times 10^4$ штук (табл. 2).

Встановлено, що біологічна цінність грудних і стегових м'язів курчат-бройлерів, які споживали комбікорм із вмістом біомаси вермикультури порівняно із контролем була більшою.

Таблиця 2

Біологічна цінність м'яса кучта-бройлерів, $M \pm m$, $n=5$

Група	М'язова тканина	Кількість <i>Tetrachimena piriformis</i> в см ³ поживного середовища, $\times 10^4$	Показник біологічної цінності, %
Контрольна	грудей	9,11±0,956	100,0
	стегна	9,24±0,877	100,0
I дослідна	грудей	9,55±0,682	104,8
	стегна	9,64±0,785	104,3
II дослідна	грудей	10,15±0,659	111,4
	стегна	10,25±0,488	110,9
III дослідна	грудей	10,12±1,052	111,0
	стегна	10,27±0,951	112,7

За вирощування інфузорій на поживному середовищі із додаванням гомогенату із стегнових і грудних м'язів курчат-бройлерів із I дослідної групи кількість клітин в см³ була більшою, відповідно, на 4,3 та 4,8 % відносно контролю.

За використання гомогенату у складі середовища із грудних і стегнових м'язів бройлерів із II дослідної групи кількість клітин *Tetrachimena piriformis* була більшою ніж у контрольних зразках, відповідно, на 11,4 та 10,9 %. Найбільша кількість клітин інфузорій було виявлено у середовищі із вмістом гомогенату стегнової м'язової тканини від курчат-бройлерів, яким згодували комбікорм із вмістом 4,5 % біомаси вермикультури. Різниця із контролем становила 12,7 %.

Порівнюючи кількість клітин у середовищі де застосовували гомогенат із грудних м'язів від бройлерів із II та III дослідної групи, встановлено, що у варіанті де використовували м'ясо курчат, які споживали комбікорм із вмістом 3,0 % біомаси вермикультури кількість інфузорій була більшою на 0,4 % порівнюючи із варіантом де бройлери отримували комбікорм із вмістом 4,5 % біомаси вермикультури.

Таким чином, встановлено, що за використання 3,0 та 4,5 % біомаси вермикультури у складі комбікормів для курчат-бройлерів підвищується біологічна цінність м'яса на 10,9–12,7 % відносно птиці, якій згодувають комбікорм без вмісту вермикультури. Це можливо пояснити тим, що у грудних і стегнових м'язах бройлерів за споживання біомаси черв'яків накопичується більша кількість незамінних амінокислот і інших біологічно активних сполук, якими багата вермикультура.

Висновки

1. За згодування комбікормів із вмістом 3,0–4,5 % біомаси черв'яків вирощених на субстраті із послідом птиці ферментованого прискореним методом із використанням біодеструкторів масова частка сухої речовини у м'язовій тканині курчат-бройлерів зростає на 1,1–1,2 %

2. Споживання комбікорму із вмістом біомаси вермикультури 3,0–4,5 % призводить до тенденції збільшення вмісту глікогену та білка у м'язовій тканині курчат-бройлерів.

3. Застосовуючи культуру *Tetrachimena piriformis* доведено, що у м'ясі бройлерів, які споживали комбікорми із вмістом біомаси вермикультури не накопичуються біологічні або хімічні токсичні сполуки.

4. М'ясо курчат вирощених на комбікормах із вмістом 3,0–4,5 % біомаси черв'яків має підвищену біологічну цінність на 10,9–12,7 % відносно бройлерів, яким згодували комбікорми без вмісту вермикультури.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з встановленням впливу різних доз біомаси вермикультури в комбікормах для курчат-бройлерів на біохімічні показники в їх організмі.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. *Instruktsiia z bonituvannia svynei; Instruktsiia z vedennia plemninnoho obliku u svynarstvi.* (2003). Kyiv: «Kyivskiy universytet» [in Ukrainian]
1. Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
2. Dedeke, G. A., Owa, S. O., & Olurin, K. B. (2010). Amino acid profile of four earthworms species from Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of Nort Amerika*, 1, 97–102.
3. El-Gohary, F., El-Kamah, H., Wahaab, R. A., Mahmoud, M., & Ibrahim, H. A. (2012). Management of wastewater from the vegetable dehydration industry in Egypt – a case study. *Environmental Technology*, 33 (2), 211–219. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.559276>
4. Hatti Shankerappa, S. (2013). Chemical composition like protein, lipid and glycogen of local three species of earthworms of Gulbarga city, Karnataka- India. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, 2 (7), 73–97. Retrieved from: https://www.academia.edu/4188138/Chemical_Composition_like_Protein_Lipid_and_Glycogen_of_Local_Three_Species_of_Earthworms_of_Gulbarga_Karnataka
5. Hepperly, P., Lotter, D., Ush, C. Z., Seidel, R., & Reider, C. (2009). Compost, manure and synthetic fertilizer influences crop yields, soil properties, nitrate leaching and crop nutrient content. *Compost Science & Utilization*, 17 (2), 117–126. <https://doi.org/10.1080/1065657x.2009.10702410>
6. Khan, S., Naz, S., Sultan, A., Alhidary, I. A., Abdelrahman, M. M., Khan, R. U., Khan, N. A., Khan, M. A., & Ahmad, S. (2016). Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed. *World's Poultry Science Journal*, 72 (1), 93–102. <https://doi.org/10.1017/s0043933915002627>
7. Lieberman, S. (2002). Worms, beautiful worms. *International Worm Digest*, 4, 11–18.
8. Öztürk, E. (2016). Is the quality of eggs and chicken meat affected by current maintenance and feeding practices? *Journal of Poultry Research*, 13 (2), 5–11.
9. Prayogi, H. S. (2011). The effect of earthworm meal supplementation in the diet on quail's growth performance in attempt to replace the usage of fish meal. *International Journal of Poultry Science*, 10 (10), 804–806. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.804.806>
10. Van Huis, A. V., Itterbeek, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security.* Rome: Food and agriculture organization of the united nations.
11. Veldkamp, T., Duinkerken, G. V., Huis, A. V., Lakemond, C. M. M., Ottevanger, E., Bosh, G., & van Boekel, M. A. J. S. (2012). *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. Report 638.* Lelystad: Wageningen Livestock Research.
12. Vovkohon, A. H., & Merzlov, S. V. (2014). Efektyvnist zastosuvannia zbahachenoj Yodom biomasy vermykultury u skladi kombikormiv dlia kurchat-broileriv. *Suchasne Ptakhivnytstvo*, 7 (140), 8–10. [in Ukrainian]
13. Dzhordzhesku, P., & Peunesku, E. (1963). *Biohimicheskie metody diagnoza i issledovaniya.* Buharest: Medicinskoe izdatelstvo [in Russian]
14. *DSTU 3143:2013 Miaso ptytsi. Zahalni tekhnichni umovy. Zi zminoiu № 1. vid 11 chervnia 2013 r. № 622. Chynnyi vid 2014-07-01.* (2014). Kyiv [in Ukrainian]
15. *DSTU ISO 1442:2005 M'iaso ta m'iasni produkty. Metod vyznachennia vmistu volohy (kontrolnyi metod) (ISO 1442:1997,*

- IDT). *Z popravkoiu. vid 2 hrudnia 2005 r. № 345. Chynnyi vid 2007-04-01.* (2008). Kyiv [in Ukrainian]
16. DSTU ISO 1443:2005 *M'iaso ta m'iasni produkty. Metod vyznachennia zahalnoho vmistu zhyru (ISO 1443:1973, IDT). vid 2 hrudnia 2005 r. № 345. Chynnyi vid 2007-04-01.* (2008). Kyiv [in Ukrainian]
17. DSTU ISO 936:2008 *Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennia masovoi chastky zahalnoi zoly (ISO 936:1998, IDT) vid 11.06.2008 r. № 188. Chynnyi vid 2008-09-01.* (2008). Kyiv [in Ukrainian]
18. Merzlov, S. V., Kalinina, H. P., & Kachan, A. D. (2012). Khimichni sklad miasa broileriv za umov vykorystannia u skladi kombi-kormiv immobilizovanykh fermentiv, yodu ta zmishanolihand-noho kompleksu kobaltu. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ah-rarnoho Universytetu. Serii: Tvarynytstvo*, 12, 127–130. [in Ukrainian]
19. Merkureva, E. K. (1970). *Biometriya v selekcii i genetike sel'sko-hozyajstvennykh zhyvotnykh.* Moskva: Kolos [in Russian]
20. Mykytiuk, P. V., Bukalova, N. V., Dzhmil, V. I., Khitska, O. A., Dzhmil, O. M., Slisarenko, S. V., & Utechenko, M. V. (2004). *Metodychni vkazivky shchodo vykorystannia infuzorii Tetrakhimena piriformis (mikrometod) dlia toksykoz-biolohichnoi otsinky silskohospodarskykh produktiv ta vody.* Bila Tserkva [in Ukrainian]

ORCID

- I. Osipenko  <https://orcid.org/0000-0002-0598-0090>
- S. Merzlov  <https://orcid.org/0000-0002-9815-4280>
- A. Polishchuk  <https://orcid.org/0000-0003-3572-8491>
- H. Merzlova  <https://orcid.org/0000-0002-2394-9118>



© 2023 Osipenko I. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.