



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519-2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10217
<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 636.2.084.1/087.8

The effect of a mixed-ligand cobalt complex on blood parameters in high-yielding Holstein cows

V. S. Bomko¹, O. V. Smetanina¹, Yu. G. Kropyvka²✉

¹Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 07.02.2025

Received in revised form
10.03.2025

Accepted 11.03.2025

Bila Tserkva National Agrarian
University, 8/1, Soborna Sq.,
Bila Tserkva, 09117, Ukraine.

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary
Medicine and Biotechnologies,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-097-431-88-30
E-mail: sy-kropyvka@ukr.net

Bomko, V. S., Smetanina, O. V., & Kropyvka, Yu. G. (2025). The effect of a mixed-ligand Cobalt complex on blood parameters in high-yielding Holstein cows. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(102), 115–120. doi: 10.32718/nvlvet-a10217

Based on the data obtained during the scientific and economic experiment, it has been proven that replacing cobalt sulfate with a mixed-ligand cobalt complex in high-yielding cows, even in smaller doses, did not significantly affect the biochemical parameters of their blood. However, smaller doses of organic cobalt slightly increased the number of erythrocytes by 1.54–3.39 % and hemoglobin by 0.8–2.94 %, while also reducing the number of leukocytes by 2.31–4.37 %. This indicates the positive effect of organic cobalt on the regulation of hematopoietic processes and the overall physiological state of the animals. The use of a mixed-ligand cobalt complex also positively influenced the protein metabolism in cows. An increase in total protein levels in blood serum by 3.40–5.24 % was recorded, along with an increase in albumin content by 3.65–7.97 % and α -globulins by 2.78–8.33 %. The concentration of γ -globulins was 9.76–17.56 % higher compared to the control group. The increase in the proportion of γ -globulins in total protein can be considered a factor in improving the immune status of lactating cows. The level of volatile fatty acids in the experimental groups also exceeded the control indicators by 0.32–12.50 %, indicating an improvement in microbial digestion processes in the rumen of the cows. The activity of peroxidase and catalase, as well as the content of vitamin B₁₂ in the blood serum, was directly dependent on the level of cobalt in the cows' diet. At the same time, the latter indicators were inversely dependent on the level of organic cobalt in the diet. In the experimental groups, catalase activity in the blood increased by 34.15–89.33 % compared to the control group, where it was 3.28 U H₂O₂. The content of vitamin B₁₂ in the blood serum of the control group animals was within 0.66 μ g/L, while in the 2nd, 3rd, 4th, and 5th experimental groups, this indicator was higher by 9.09 %, 19.7 %, 31.82 %, and 4.55 %, respectively, which underscores the organic relationship between cobalt levels in the diet and the concentration of vitamin B₁₂ in the cows' blood.

Key words: high-yielding cows, premix, microelements, copper sulfate, zinc, cobalt, mixed-ligand cobalt complex, protein, albumins, globulins.

Вплив змішанолігандного комплексу кобальту на показники крові у високопродуктивних корів голштинської породи

В. С. Бомко¹, О. В. Сметаніна¹, Ю. Г. Кропивка²✉

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

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

На підставі даних, отриманих під час проведення науково-господарського дослідження, доведено, що заміна високопродуктивним коровам сірчанокислого кобальту на змішанолігандний комплекс кобальту, навіть у менших дозах, суттєво не вплинула на біохімічні показники їхньої крові. Проте менші дози органічного кобальту дещо збільшували кількість еритроцитів на 1,54–3,39 % та

гемоглобіну на 0,8–2,94 %, а також зменшували кількість лейкоцитів на 2,31–4,37 %. Це свідчить про позитивний вплив органічного кобальту на регуляцію кровотворних процесів та поліпшення загального фізіологічного стану тварин. Використання змішанолігандного комплексу кобальту також позитивно вплинуло на білковий обмін у корів. Було зафіксовано підвищення загального рівня білка у сироватці крові на 3,40–5,24 %, вмісту альбуміну — на 3,65–7,97 %, α -глобулінів — на 2,78–8,33 %. Концентрація γ -глобулінів була на 9,76–17,56 % вищою порівняно з контролем. Збільшення частки γ -глобулінів у загальному білку можна розглядати як фактор поліпшення імунного статусу організму дійних корів. Рівень летких жирних кислот у дослідних групах також перевищував контрольні показники на 0,32–12,50 %, що свідчить про поліпшення процесів мікробного травлення у рубці корів. У прямій залежності від рівня кобальту в раціоні корів була активність пероксидази та каталази, а також вміст вітаміну B_{12} у сироватці їхньої крові. При цьому останні показники перебували у зворотній залежності від рівня органічного кобальту в раціоні. У тварин дослідних груп активність каталази в крові зросла на 34,15–89,33 % порівняно з показником у контрольній групі, що дорівнював 3,28 од. H_2O_2 . Вміст вітаміну B_{12} у сироватці крові тварин контрольної групи перебував у межах 0,66 мкг/л, а у 2-й, 3-й, 4-й та 5-й дослідних групах цей показник був відповідно на 9,09; 19,70; 31,82 та 4,55 % вищим, що підкреслює наявність органічного зв'язку між рівнем кобальту в раціоні та концентрацією вітаміну B_{12} у крові корів.

Ключові слова: високопродуктивні корови, премікс, мікроелементи, сірчаноокислі купрум, цинк, кобальт, змішанолігандний комплекс кобальту, білок, альбуміни, глобуліни.

Вступ

Встановлено, що критичним у корів молочного напрямку продуктивності є перехідний період, який починається за три тижні до отелення і закінчується через три тижні після нього. Саме в цей період організм тварин зазнає значних метаболічних змін, пов'язаних із підготовкою до лактації та адаптацією до нових фізіологічних умов (Bohdanov et al., 2008; Ibatulin & Zhurovskiy, 2017; Gutty et al., 2017; Grymak et al., 2020; Lohynskiy et al., 2023; Gutty et al., 2024). Порушення метаболізму можуть виникати вже в перші дні після отелення, оскільки для продукування молока корови використовують 97 % спожитої енергії та 83 % білка, і лише незначна частка енергетичних ресурсів залишається для забезпечення життєво важливих процесів організму (Dracley & Elliott, 1993; Kondrakhin & Levchenko, 2000; Klitsenko et al., 2001; Kropyvka & Bomko, 2017; 2020).

Обмін речовин та енергії у корів безпосередньо залежить від надходження в організм поживних і біологічно активних речовин у сухостійний період, період роздою, виробництва молока та запуску (Levchenko et al., 2002; Mitchell et al., 2007; Kravtsiv et al., 2009; Kropyvka et al., 2024). Під час лактації спостерігається підвищене навантаження на органи травлення, печінку та нирки, що потребує оптимальної збалансованої годівлі. У разі дефіциту окремих елементів або порушення їх співвідношення можливе зниження продуктивності, ослаблення імунної системи та підвищення ризику розвитку метаболічних захворювань (Khavturina & Bomko, 2014; Bomko et al., 2015; Smetanina et al., 2016).

До біологічно активних речовин належать мікроелементи, зокрема кобальт. Він регулює білковий, вуглеводний та мінеральний обмін, відіграє важливу роль в окисно-відновних процесах, підвищує використання організмом амінокислот для синтезу білків та є необхідним для процесу кровотворення. Під впливом оптимальних доз кобальту підвищується гліколітична активність крові, поліпшується глікогеносинтетична функція печінки, збільшується синтез м'язових білків, знижується вміст ліпідів у печінці, активізується синтез нуклеїнових кислот. Також цей мікроелемент бере участь у регуляції обміну вітамінів та синтезі нікотинової кислоти та її амідів. Оскільки вміст кобальту у тканинах тварин за

нормальних умов є невисоким, він потребує регулярного надходження з кормом, адже погано утримується в організмі (Sviezhientsov & Kozyr, 1999; Kurtok, 2006; Hackbart et al., 2010).

При цілорічному стійловому утриманні корів часто спостерігається дефіцит мікроелементів і вітамінів, оскільки тварини споживають консервовані корми, що містять недостатню кількість мікроелементів навіть за високої їхньої якості. Дефіцит мікроелементів компенсують шляхом використання кормових добавок. Проте при застосуванні преміксів у корів можуть спостерігатися ознаки дефіциту тих чи інших мікроелементів через антагоністичні зв'язки між окремими елементами, що знижує їхню біодоступність (Klitsenko et al., 2001; Zakharenko et al., 2004; De Frain et al., 2009; Kropyvka et al., 2024).

Одним із перспективних напрямів у поліпшенні мінерального живлення тварин є використання органічних форм мікроелементів. Вони характеризуються вищою біодоступністю та краще засвоюються в організмі, що сприяє їхньому ефективнішому використанню. Використання органічних форм мікроелементів як основного джерела в раціоні сприяє оптимізації живлення корів, підвищенню їхньої продуктивності та поліпшенню стану здоров'я. Крім того, це дозволяє знизити екологічне навантаження, оскільки зменшується виділення мінералів у довкілля (Zhao et al., 2016; Bomko et al., 2018; Bomko et al., 2023).

Отже, забезпечення корів необхідною кількістю мікроелементів, зокрема кобальту, є важливим фактором, що впливає на обмін речовин, продуктивність та здоров'я тварин. Перспективним є використання органічних форм мікроелементів, що дозволяє не лише поліпшити засвоєння поживних речовин, а й сприяти сталому веденню тваринництва, знижуючи негативний вплив на навколишнє середовище.

Мета досліджень

Метою досліджень було визначення оптимальних доз змішанолігандного комплексу кобальту в поєднанні з сульфатами цинку і купруму та селенітом натрію в годівлі високопродуктивних корів у перші та другі 100 днів лактації, а також встановлення їхнього

впливу на показники крові, оскільки її склад є порівняно сталим показником, що об'єктивно відображає обмін речовин і стан здоров'я корів. Процеси, що відбуваються в організмі, значною мірою впливають на якісний склад крові.

Матеріал і методи досліджень

Науково-господарський дослід із вивчення впливу різних доз змішанолігандного комплексу кобальту було проведено в умовах ТДВ “Терезине” Білоцерківського району Київської області на дійних високопродуктивних коровах голштинської породи. Для дос-

лідження було сформовано п'ять груп корів по 10 голів у кожній за принципом аналогів.

Годівлю піддослідних корів у підготовчий та дослідний періоди здійснювали за однаковими раціонами. Відмінність у годівлі полягала в тому, що в дослідний період, упродовж 180 діб, коровам контрольної групи згодовували премікс підготовчого періоду, до складу якого входили сульфати цинку, купруму і кобальту та селеніт натрію. Водночас коровам дослідних груп замість сульфату кобальту згодовували змішанолігандний комплекс кобальту в різних дозах. Схему проведення дослідів наведено в [таблиці 1](#).

Таблиця 1

Схема науково-господарського дослідів, n = 10

Група	Досліджуваний фактор
1 контрольна	Комбікорм-концентрат (КК) із сульфатами: цинку – 650 г/т, купруму – 38 г/т, кобальту – 8,9 г/т і селеніту натрію – 1,8 г/т
2 дослідна	КК із сульфатами: цинку – 650 г/т, купруму – 38 г/т, селеніту натрію – 1,8 г/т і змішанолігандним комплексом кобальту – 9,7 г/т
3 дослідна	КК із сульфатами: цинку – 650 г/т, купруму – 38 г/т, селеніту натрію – 1,8 г/т і змішанолігандним комплексом кобальту – 7,3 г/т
4 дослідна	КК із сульфатами: цинку – 650 г/т, купруму – 38 г/т, селеніту натрію – 1,8 г/т і змішанолігандним комплексом кобальту – 4,9 г/т
5 дослідна	КК із сульфатами: цинку – 650 г/т, купруму – 38 г/т, селеніту натрію – 1,8 г/т і змішанолігандним комплексом кобальту – 2,4 г/т

З даних [таблиці 1](#) видно, що коровам 1-ї (контрольної) групи раціон поповнювали мікроелементами за рахунок сульфатів цинку, міді, кобальту та селеніту натрію. У 2-й, 3-й, 4-й та 5-й дослідних групах сульфат кобальту було замінено на змішанолігандний комплекс кобальту. При цьому кількість інших мікроелементів (цинку, міді та селену) залишалася незмінною.

У перерахунку на чистий кобальт корови 2-ї дослідної групи отримували таку ж його кількість, як і корови 1-ї (контрольної) групи. Водночас тварини 3-ї, 4-ї та 5-ї дослідних груп отримували відповідно 75 %, 50 % і 25 % від кількості кобальту, що надходила до раціону корів 2-ї групи. Такий підхід дозволяє оцінити, як поступове зменшення рівня змішанолігандного комплексу кобальту впливає на обмінні процеси в організмі корів, а також визначити оптимальну дозу цього мікроелемента для забезпечення фізіологічних потреб високопродуктивних тварин.

Результати та їх обговорення

Гематологічні показники дозволяють встановити зв'язок між рівнем кобальту в раціоні та фізіолого-хімічним станом організму корів і встановити його вплив на білковий та вуглеводно-жировий обмін за зміною хімічного складу крові, яку брали з яремної вени до початку годівлі корів. Результати впливу змішанолігандного комплексу кобальту на стан кровотворення в організмі корів наведено у [таблиці 2](#).

Дані [таблиці 2](#) свідчать, що зменшення рівня кобальту в раціоні корів дослідних груп за рахунок

використання його змішанолігандного комплексу зумовило деяке підвищення кількості еритроцитів та лейкоцитів у їхній крові. Порівняно з контрольною групою, кількість еритроцитів у крові корів 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї дослідних груп зросла відповідно на 1,54; 3,39; 2,77 та 1,64 %, тимчасом як кількість лейкоцитів зменшилася на 2,31; 4,37; 4,35 та 3,32 %. Також у піддослідних корів виявлено незначне підвищення рівня гемоглобіну в крові: у 2-й дослідній групі – на 0,8 % ($P > 0,99$), у 3-й – на 2,94 % ($P > 0,999$), у 4-й – на 2,04 % ($P > 0,999$) та у 5-й – на 1,31 % ($P > 0,99$).

Використання різних доз змішанолігандного комплексу кобальту сприяло підвищенню загального рівня білка в сироватці крові, що свідчить про поліпшення білкового обміну та збалансованість раціону піддослідних корів. Вміст загального білка в дослідних групах був на 3,40–5,24 % ($P > 0,999$) вищим порівняно з контрольною групою. Найвищий рівень загального білка спостерігався у 3-й дослідній групі, де кількість введеного кобальту становила 75 % від норми ($P > 0,999$) і покривалася за рахунок його змішанолігандного комплексу.

Крім того, у крові корів дослідних груп спостерігалася підвищення рівня альбумінів порівняно з контрольною групою: у 2-й групі – на 3,65 % ($P > 0,99$), у 3-й – на 7,97 % ($P > 0,999$), у 4-й – на 6,64 % ($P > 0,999$), у 5-й – на 4,90 % ($P > 0,999$). Подібна тенденція спостерігалася і для α -глобулінів: у 2-й групі – на 2,78 % ($P > 0,99$), у 3-й – на 8,33 % ($P > 0,999$), у 4-й – на 4,17 % ($P > 0,999$), у 5-й – на 1,32 %. Щодо β -глобулінів, їх рівень у 4-й та 5-й дослідних групах знизився на 1,21 %, у 2-й групі – на 3,70 %, а у 3-й групі зафіксовано незначне зростання – на 1,19 %.

Таблиця 2

Гематологічні показники дослідних корів ($M \pm m$, $n = 3$)

Показник	Група				
	контрольна	дослідні			
	1	2	3	4	5
Еритроцити, Т/л	$9,75 \pm 0,284$	$9,90 \pm 0,234$	$10,08 \pm 0,279$	$10,02 \pm 0,278$	$9,91 \pm 0,286$
Гемоглобін, г/л	$122,3 \pm 0,21$	$123,3 \pm 0,18^*$	$125,9 \pm 0,26^{***}$	$124,8 \pm 0,22^{***}$	$123,9 \pm 0,25^{**}$
Лейкоцити, Г/л	$8,40 \pm 0,128$	$8,21 \pm 0,133$	$8,01 \pm 0,202$	$8,05 \pm 0,177$	$8,13 \pm 0,121$
Загальний білок, г/л	$76,4 \pm 0,249$	$79,0 \pm 0,135^*$	$80,4 \pm 0,164^{**}$	$80,0 \pm 0,186^{**}$	$79,1 \pm 0,163^{**}$
Альбуміни, г/л	$30,1 \pm 0,12$	$31,2 \pm 0,18$	$32,5 \pm 0,10$	$32,1 \pm 0,12$	$31,6 \pm 0,10$
α -глобуліни, г/л	$7,2 \pm 0,03$	$7,4 \pm 0,01$	$7,8 \pm 0,04$	$7,5 \pm 0,04$	$7,3 \pm 0,02$
β -глобуліни, г/л	$8,4 \pm 0,06$	$8,1 \pm 0,05$	$8,5 \pm 0,03$	$8,3 \pm 0,02$	$8,3 \pm 0,04$
γ -глобуліни, г/л	$20,5 \pm 0,02$	$22,5 \pm 0,01^{***}$	$24,1 \pm 0,06^{***}$	$23,7 \pm 0,07^{***}$	$23,8 \pm 0,06^{***}$
Кальцій, ммоль/л	$2,41 \pm 0,238$	$2,52 \pm 0,215$	$2,56 \pm 0,158$	$2,55 \pm 0,157$	$2,54 \pm 0,133$
Фосфор, ммоль/л	$2,22 \pm 0,312$	$2,27 \pm 0,257$	$2,32 \pm 0,154$	$2,31 \pm 0,162$	$2,29 \pm 0,140$
Кобальт, мкг/л	$34,0 \pm 3,0$	$40,0 \pm 1,0$	$53,0 \pm 2,0$	$57,0 \pm 3,0$	$50,0 \pm 1,0$
Купрум, мкг/л	$862,0 \pm 10,0$	$865,0 \pm 4,0$	$898,0 \pm 12,0$	$890,0 \pm 9,0$	$878,0 \pm 4,0$
Цинк, мкг/л	$1,62 \pm 0,05$	$1,69 \pm 0,07$	$1,72 \pm 0,06$	$1,84 \pm 0,09$	$1,69 \pm 0,07$
Манган, мкг/л	$0,15 \pm 0,004$	$0,15 \pm 0,004$	$0,16 \pm 0,005$	$0,16 \pm 0,002$	$0,15 \pm 0,004$
Селен мкг/100 мл	$0,44 \pm 0,006$	$0,47 \pm 0,002$	$0,49 \pm 0,007$	$0,48 \pm 0,004$	$0,46 \pm 0,004$
Лужний резерв, об. % CO_2	$49,5 \pm 2,07$	$51,1 \pm 1,83$	$50,9 \pm 1,67$	$50,4 \pm 2,00$	$50,2 \pm 1,74$
ЛЖК, мг%	$6,16 \pm 0,415$	$6,18 \pm 0,328$	$6,93 \pm 0,540$	$6,90 \pm 0,444$	$6,85 \pm 0,411$
Пероксидаза, сек.	$8,40 \pm 0,67$	$8,60 \pm 0,47$	$8,80 \pm 0,41$	$8,80 \pm 0,65$	$8,72 \pm 0,57$
Каталаза, од. H_2O_2	$3,28 \pm 0,69$	$4,40 \pm 0,48$	$4,63 \pm 0,83$	$6,21 \pm 0,70$	$5,23 \pm 0,38$
Вітамін B_{12} мкг/л	$0,66 \pm 0,109$	$0,72 \pm 0,115$	$0,79 \pm 0,118$	$0,87 \pm 0,065$	$0,69 \pm 0,111$

Примітка: ** – $P > 0,99$; *** – $P > 0,999$

Рівень γ -глобулінів у дослідних групах був значно вищим, ніж у контрольній: у 2-й групі – на 9,76 %, у 3-й – на 17,56 %, у 4-й – на 15,61 %, у 5-й – на 16,10 % ($P > 0,999$). Таким чином, збільшення рівня γ -глобулінів у загальному білку під впливом додаткового забезпечення раціону високопродуктивних корів кобальтом можна розглядати як позитивний фактор, що сприяє поліпшенню імунного статусу дійних корів.

Водночас у проведених дослідженнях не виявлено суттєвого впливу різних рівнів кобальту в раціоні на концентрацію кальцію, неорганічного фосфору та показники лужного резерву крові.

Рівень летких жирних кислот (ЛЖК) у дослідних групах перевищував контрольні показники: у 2-й групі – на 0,32 %, у 3-й – на 12,50 % ($P > 0,999$), у 4-й – на 12,01 % ($P > 0,999$), у 5-й – на 11,20 % ($P > 0,999$).

Виявлено пряму залежність між рівнем кобальту в раціоні та активністю пероксидази: у 2-й групі різниця з контрольною становила 0,20 сек, у 3-й та 4-й групах – до 0,40 сек, у 5-й групі – 0,32 сек. Крім того, кобальт у раціоні значно вплинув на активність каталази та рівень вітаміну B_{12} у сироватці крові. Відзначено обернену залежність між концентрацією органічного кобальту та рівнем цих показників.

Активність каталази у піддослідних корів зросла: у 2-й групі – на 34,15 %, у 3-й – на 41,16 %, у 4-й – на 89,33 %, у 5-й – на 59,45 % порівняно з контролем (3,28 од. H_2O_2). Вміст вітаміну B_{12} у сироватці крові корів контрольної групи становив 0,66 мкг/л, а в дослідних групах зріс відповідно на 9,09 % у 2-й групі, 19,7 % у 3-й групі, 31,82 % у 4-й групі та 4,55 % у 5-й групі. Ці результати ще раз підтверджують тісний зв'язок між рівнем кобальту в раціоні та вмістом вітаміну B_{12} у крові корів.

Висновки

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що використання змішанолігандного комплексу кобальту в годівлі високопродуктивних корів сприяє поліпшенню окремих біохімічних показників крові, зокрема підвищенню рівня еритроцитів, гемоглобіну, загального білка та γ -глобулінів. Крім того, це позитивно впливає на активність ферментних систем і рівень вітаміну B_{12} , що має важливе значення для обміну речовин у організмі тварин. Застосування цієї форми мікроелемента сприяє поліпшенню білкового обміну, імунного статусу та антиоксидантного захисту організму дійних високопродуктивних корів. Отримані результати вказують на перспективність подальших досліджень впливу органічних сполук кобальту на фізіологічні процеси у великій рогатій худоби.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Bohdanov, H. O., Ibatullin, I. I., & Kandyba, V. M. (2008). Kontseptualni polozhennia udoskonalitykh norm hodivli vysokoproduktyvnoi molochnoi khudoby v Ukraini. Aktualni problemy hodivli tvaryn i tekhnolohii kormiv: materialy mizhnar. nauk.-praktych. konf. Kyiv, 14–18 (in Ukrainian).
- Bomko, V. S., Smetanina, O. V., & Kuzmenko, O. A. (2015). Vplyv premiksiv na osnovi metalokhelativ na peretrvanist pozhyvnykh rechovyn vysokoproduktyvnykh koriv. Naukovi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi

- medytsyny ta biotekhnologii imeni S. Z. Gzhytskoho, 17(1(61)), 17–22. URL: <https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture/article/view/3541> (in Ukrainian).
- Bomko, V. S., Syvachenko, Ye. V., & Smetanina, O. V. (2023). Kormy i kormovi dobavky ta efektyvnist yikh vykorystannia v hodivli tvaryn: navch. posib. Bila Tserkva (in Ukrainian).
- Bomko, V., Kropyvka, Yu., Bomko, L., Chernyuk, S., Kropyvka, S., & Gutyj, B. (2018). Effect of mixed ligand complexes of Zinc, Manganese, and Cobalt on the Manganese balance in high-yielding cows during first 100-days lactation. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 420–425. DOI: 10.15421/2018_230.
- De Frain, J. M., Socha, M. T., Tomlinson, D. J., & Kluth, D. (2009). Effect of complexed trace minerals on the performance of lactating dairy cows on a commercial dairy. *The Professional Animal Scientist*, 25(6), 709–715. DOI: 10.15232/s1080-7446(15)30779-8.
- Drackley, J. K., & Elliott, J. P. (1993). Milk composition, ruminal characteristics, and nutrient utilization in dairy cows fed partially hydrogenated tallow. *Journal of dairy science*, 76(1), 183–196. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77337-3.
- Grymak, Y., Skoromna, O., Stadnytska, O., Sobolev, O., Gutyj, B., Shalovylo, S., Hachak, Y., Grabovska, O., Bushueva, I., Denys, G., Hudyma, V., Pakholkiv, N., Jarochohovich, I., Nahirniak, T., Pavliv, O., Farionik, T., & Bratyuk, V. (2020). In-fluence of “Thiromagnile” and “Thyrioton” prepa-rations on the antioxidant status of pregnant cows. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1), 122–126. DOI: 10.15421/2020_19.
- Gutyj, B., Goralskyi, L., Mylostyvyi, R., Sokulskyi, I., Stadnytska, O., Vus, U., Khariv, I., Martyshuk, T., Leskiv, K., Vozna, O., Adamiv, S., & Petrychka, V. (2024). The influence of “Butaselmavit” on the antioxidant status of the cows’ organisms during the development of endotoxycosis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 26(114), 210–216. DOI: 10.32718/nvlvet11431.
- Gutyj, B., Grymak, Y., Drach, M., Bilyk, O., Matsjuk, O., Magrelo, N., Zmiya, M., & Katsaraba, O. (2017). The impact of endogenous intoxication on biochemical indicators of blood of pregnant cows. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(3), 438–443. DOI: 10.15421/021768.
- Hackbart, K. S., Ferreira, R. M., Dietsche, A. A., Socha, M. T., Shaver, R. D., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2010). Effect of dietary organic zinc, manganese, copper, and cobalt supplementation on milk production, follicular growth, embryo quality, and tissue mineral concentrations in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 88(12), 3856–3870. DOI: 10.2527/jas.2010-3055.
- Ibatulin, I. I., & Zhurovskiy, O. M. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzen u tvarynnystvi: posibnyk. Kyiv: Aharna nauka (in Ukrainian).
- Khavturina, A. V., & Bomko, V. S. (2014). Efektyvnist zghodovuvannia mikroelementiv orhanichnogo pokhodzhennia holshtynskym korovam. *Zbirnyk naukovykh prats BNAU*, 2(112), 72–74 (in Ukrainian).
- Klitsenko, H. T., Kulyk, M. F., Kosenko, M. V. ta in. (2001). *Mineralne zhyvlennia tvaryn*. Kyiv: Svit (in Ukrainian).
- Kondrakhin, I. P., & Levchenko, V. I. (2000). Fiziologichni osnovy profilaktyky vnutrishnikh khvorob tvaryn. *Visnyk aharnoi nauky*, 2, 33–35 (in Ukrainian).
- Kravtsiv, R. I., Binkevych, V. Ia., & Myktyyn, L. Ie. (2009). Fiziologichne znachennia midi ta kobaltu v orhanizmi ovets. *Visnyk Bilotserkivskoho derzhavnoho aharnoho universytetu*, 9(2), 49–53 (in Ukrainian).
- Kropyvka, Y., Bomko, V., Tytariova, O., & Smetanina, O. (2024). Effectiveness of using mixed ligand complexes of Zinc, Manganese and Cobalt in feeding dry stable cows. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 47(1), e69275. DOI: 10.4025/actascianimsci.v47i1.69275.
- Kropyvka, Yu. H., & Bomko, V. S. (2020). Rizni rivni zmishanolihandnoho kompleksu Tsynku, Manhanu y Kobaltu v hodivli vysokoproduktyvnykh koriv holshtynskoi porody nimetskoï selektsii ta yikh vplyv na spozhyvannia kormiv, produktyvnist, vytraty kormu, vidtvorni funktsii ta hematologichni pokaznyky. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Seria: Tvarynnystvo*, 4(43), 106–112. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2020.4.16 (in Ukrainian).
- Kropyvka, Yu., & Bomko, V. (2017). Influence of mixed ligand complexes of Zinc, Manganese, Cobalt with Supplex Se and copper sulfate and potassium iodite on the milk productivity of high-productive holstein breeds of German selection. *Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkciï tvarynnystva. Bila Cerkva*, 1-2, 52–56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tvppt_2017_1-2_11.
- Kropyvka, Yu., Bomko, V., & Tytariova, O. (2024). Efficiency of using different levels of mixed ligand complexes of Zinc, Manganese, and Cobalt in cow feeding. *Animal Science and Food Technology*, 15(1), 29–41. DOI: 10.31548/animal.1.2024.29.
- Kurtok, B. M. (2006). Osoblyvosti obminu rehovyn v orhanizmi koriv u peredrodovyi i pisliarodovyi periody ta rol vitaminiv A, D, E i selenu v yoho korektsii: avtoref. dys. ... d-ra vet. nauk: 06.02.02. Lviv (in Ukrainian).
- Levchenko, V. I., Vlizlo, V. V., Kondrakhin, I. P. et al. (2002). *Veterynarna klinichna biokhimiia*. Bila Tserkva: BDAU (in Ukrainian).
- Lozynskyi, I., Gutyj, B., Ivashkiv, R., Ilchyshyn, M., Martyshuk, T., Todoriuk, V., Dashkovskiy, O., Magrelo, N., SusH., Voroniak, V., & Vus, U. (2023). The state of the body’s immune system of beef cows with signs of endotoxycosis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 25(112), 78–82. DOI: 10.32718/nvlvet11213.
- Mitchell, L. M., Robinson, J. J., Watt, R. G., McEvoy, T. G., Ashworth, C. J., Rooke, J. A., & Dwyer, C. M. (2007). Effects of cobalt/vitamin B12 status in ewes on ovum development and lamb viability at birth. *Reproduction, fertility, and development*, 19(4), 553–562. DOI: 10.1071/rd07012.
- Smetanina, O. V., Ibatullin, I. I., & Bomko, V. S. (2016). Vykorystannia orhanichnogo kobaltu dlia vyrobnyctva vysokoïakisnoho moloka. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomoria*, 2(90), 117–125 (in Ukrainian).

- Sviezhientsov, O., & Kozyr, V. (1999). Osoblyvosti hodivli vysokoproduktyvnykh koriv. Dnipropetrovsk. (in Ukrainian).
- Zakharenko, M., Shevchenko, L., Mykhalska, V. ta in. (2004). Rol mikroelementiv u zhyttiediialnosti tvaryn. Veterynarna medytsyna Ukrainy, 2, 13–16 (in Ukrainian).
- Zhao, J., Shirley, R. B., Dibner, J. J., Wedekind, K. J., Yan, F., Fisher, P., Hampton, T. R., Evans, J. L., & Vazquez-Anon, M. (2016). Superior growth performance in broiler chicks fed chelated compared to inorganic zinc in presence of elevated dietary copper. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7, 13. DOI: [10.1186/s40104-016-0072-1](https://doi.org/10.1186/s40104-016-0072-1).