



original article | UDC 577.1:612.015 | doi: 10.31210/visnyk2020.02.31

IMMUNE STATUS OF BULL CALVES' ORGANISM IN CASE OF EXPERIMENTAL CHRONIC CADMIUM TOXICOSIS

Y. Y. Lavryshyn

B. V. Gutyj*

 ORCID  [0000-0002-2774-6844](https://orcid.org/0000-0002-2774-6844)

 ORCID  [0000-0002-5971-8776](https://orcid.org/0000-0002-5971-8776)

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 50, Pekarska str., Lviv, 79010, Ukraine

*Corresponding author

 E-mail: bvh@ukr.net

How to Cite

 Lavryshyn, Y. Y., & Gutyj, B. V. (2020). Immune status of bull calves' organism in case of experimental chronic cadmium toxicosis. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 244–251. doi: 10.31210/visnyk2020.02.31

Cadmium intake is associated with environmental risk to the organism due to its cumulative toxicity to organs and systems. The accumulation of the above-mentioned heavy metal in the components of the natural environment increases the risk of its entry into the body and poses a threat to animal health. The aim of the study was to investigate the effect of cadmium on the immune status of young cattle, namely on the humoral and nonspecific parts of the immune system. The research was conducted on a farm in the village of Ivanivtsi, Zhydachiv district, Lviv region, on 10 bull calves of six months of age, Ukrainian black-spotted dairy breed, which were formed into 2 groups of 5 animals each: control and experimental. The bull calves of the control group were on a normal diet. The bull calves of the experimental group were fed with feed containing cadmium chloride at a dose of 0.04 mg / kg of the animal body weight. Cadmium was found to suppress the nonspecific and humoral part of the immune system during 30-day load of young cattle. It was established that under cadmium loading, the phagocytic activity of neutrophils in the blood of bull calves of the experimental group beginning from the 15th day of the experiment decreased. It was also found that the lowest phagocytic index was on the 20th day of the experiment, when it decreased by 18.2 % as compared with the control group. Studying the humoral part of the bull calves' immune system under cadmium loading, a probable decrease in bactericidal and lysozyme activity of the bull calves' blood serum by 8.5 and 3.3 %, respectively was registered, relative to the control group of animals. After adding cadmium chloride to the feed of bull calves of the experimental group, the level of circulating complexes probably increased from the 10th day of the experiment. A high level of circulating immune complexes in the blood serum of bull calves indicates the suppression of the organism's immune system as a result of the attaching specific antibodies to the products of metabolism under cadmium load. On the 15th and 20th days of the experiment, the level of circulating immune complexes in the blood of animals of the experimental group increased by 9.7 and 13.4 %, respectively. The obtained data will be used in the further study of the cellular part of the immune system of bull calves and for the development of an antidote preparation for the treatment of animals with cadmium toxicosis.

Key words: toxicology, heavy metals, cadmium, bull calves, immune system, blood.

ІМУННИЙ СТАТУС ОРГАНІЗМУ БУГАЙЦІВ ЗА УМОВИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ХРОНІЧНОГО КАДМІЄВОГО ТОКСИКОЗУ**Ю. Ю. Лавришин, Б. В. Гутий**

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

Надходження Кадмію пов'язане з екологічним ризиком для організму через кумулятивну його токсичність щодо органів і систем. Накопичення згаданого вище важкого металу в компонентах природного середовища збільшує небезпеку його надходження в організм і становить загрозу для здоров'я тварини. Метою роботи було дослідити вплив Кадмію на імунний статус організму молодняка великої рогатої худоби, а саме на гуморальну та неспецифічну ланки імунної системи. Дослідження проводились на базі фермерського господарства с. Іванівці Жидачівського району Львівської області на 10 бугайцях шестимісячного віку української чорно-рябої молочної породи, які були сформовані у 2 групи по 5 тварин у кожній: контрольну та дослідну. Бугайці контрольної групи перебували на звичайному раціоні. Бугайцям дослідної групи згодовували з кормом хлорид кадмію в дозі 0,04 мг/кг маси тіла тварини. За 30-добового навантаження молодняка великої рогатої худоби Кадмієм встановлено пригнічення неспецифічної та гуморальної ланки імунної системи. Встановлено, що за умов кадмієвого навантаження фагоцитарна активність нейтрофілів у крові бугайців дослідної групи, починаючи з 15 доби досліді, знижувалася. Також встановлено, що найнижчий фагоцитарний індекс був на 20 добу досліді, де порівняно з контрольною групою він знизився на 18,2 %. При дослідженні гуморальної ланки імунної системи бугайців за умов кадмієвого навантаження встановлено вірогідне зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові бугайців відповідно на 8,5 і 3,3 % відносно контрольної групи тварин. Після згодовування хлориду кадмію у бугайців дослідної групи рівень циркулюючих комплексів вірогідно зростає, уже починаючи з 10 доби досліді. Високий рівень циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові бугайців вказує на пригнічення імунореактивної системи організму внаслідок приєднання специфічних антитіл до продуктів метаболізму за умов кадмієвого навантаження. На 15 і 20 доби досліді рівень циркулюючих імунних комплексів у крові тварин дослідної групи відповідно зріс на 9,7 і 13,4 %. Отримані дані будуть застосовані в подальшому при вивченні клітинної ланки імунної системи організму бугайців та для розробки антидотного препарату для лікування тварин за умов кадмієвого токсикозу.

Ключові слова: токсикологія, важкі метали, Кадмій, бугайці, імунна система, кров.

ИМУННЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА БЫЧКОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ХРОНИЧЕСКОМ КАДМИЕВОМ ТОКСИКОЗЕ**Ю. Ю. Лаврышин, Б. В. Гутый**

Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицкого, г. Львов, Украина

Поступления Кадмия связано с экологическим риском для организма через кумулятивную его токсичность в отношении органов и систем. Накопление упомянутого выше тяжелого металла в компонентах природной среды увеличивает опасность его поступления в организм и представляет угрозу для здоровья животного. Целью работы было исследовать влияние Кадмия на иммунный статус организма молодняка крупного рогатого скота, а именно на гуморальную и неспецифическую иммунную системы. Исследования проводились на базе фермерского хозяйства с. Ивановцы Жидачевского района Львовской области на 10 бычках шестимесячного возраста украинской черно-рябой молочной породы, которые были сформированы в 2 группы по 5 животных в каждой: контрольную и опытную. Бычки контрольной группы находились на обычном рационе. Бычкам опытной группы скармливали с кормом хлорид кадмия в дозе 0,04 мг/кг массы тела животного. При 30-суточной нагрузке молодняка крупного рогатого скота Кадмием установлено угнетение неспецифического и гуморального звена иммунной системы. Установлено, что в условиях кадмиевой нагрузки фагоцитарная активность нейтрофилов в крови бычков опытной группы, начиная с 15 суток опыта, снижалась. Также установлено, что низкий фагоцитарный индекс был на 20 сутки опыта, где по сравнению с контрольной группой он снизился на 18,2 %. При исследовании гуморального звена иммунной

системы бычков при кадмиевой нагрузке наблюдали достоверное снижение бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови бычков соответственно на 8,5 и 3,3 % относительно контрольной группы животных. После скармливания хлорида кадмия у бычков опытной группы уровень циркулирующих комплексов достоверно возрастал, уже начиная с 10 суток опыта. Высокий уровень циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови бычков указывает на подавление иммунореактивной системы организма в результате присоединения специфических антител к продуктам метаболизма в условиях кадмиевой нагрузки. На 15 и 20 сутки опыта уровень циркулирующих иммунных комплексов в крови животных опытной группы соответственно вырос на 9,7 и 13,4 %. Полученные данные будут использованы в дальнейшем изучении клеточного звена иммунной системы организма бычков и для разработки антидотного препарата для лечения животных при кадмиевом токсикозе.

Ключевые слова: токсикология, тяжелые металлы, Кадмий, бычки, иммунная система, кровь.

Вступ

Унаслідок техногенної діяльності відбувається постійне забруднення навколишнього середовища різноманітними поллютантами, серед яких чільне місце займають важкі метали. Наявність важких металів у біосфері (воді, ґрунті, рослинах) має подвійне значення: як мікроелементи вони необхідні для нормального перебігу фізіологічних процесів, але водночас токсичні у підвищених концентраціях, що негативно позначається на здоров'ї, продуктивності тварин та якості сільськогосподарської продукції [15, 19, 21, 27].

Організм тварин є важливою ланкою в харчовому ланцюзі, куди переважно з кормів надходять важкі метали, всмоктуються та розподіляються в різні органи і тканини [1, 3, 22].

Особливого значення набула проблема впливу важких металів на імунну систему, оскільки вона відіграє провідну роль у збереженні здоров'я і визнана однією з надчутливих до дії несприятливих чинників, навіть у відносно низьких концентраціях [14, 28].

Імунна система є однією з найважливіших гомеостатичних систем організму, яка визначає ступінь здоров'я тварин, їхні адаптаційні можливості [7, 9, 16]. Будучи індикатором фізіологічного стану організму, вона чітко реагує на зміни умов навколишнього середовища, надходження в організм важких металів, зокрема Кадмію [11, 13, 18]. Порушення її функції розглядається як один з патогенетичних механізмів патологічного процесу [5, 6, 8]. Імунотоксичність визначають як властивість токсиканта спричинити порушення функції імунної системи, що проявляється неадекватними імунними реакціями [23, 24]. Імунотоксичність важких металів розглядають у двох аспектах: безпосередня пошкоджуюча дія речовини на імунну систему та участь імунної системи в реалізації механізмів їх токсичної дії [12, 17].

Реакція імунної системи може бути на саму речовину, її метаболіти, комплексні антигени, що утворились в організмі при інтоксикації. Токсична дія Кадмію на імунну систему є неоднаковою за інтенсивністю та направлена на різні етапи імуногенезу [2, 4, 10, 25].

Саме тому метою роботи було дослідити вплив Кадмію на імунний статус організму молодняку великої рогатої худоби.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводились на базі фермерського господарства с. Іванівці Жидачівського району Львівської області на 10 бугайцях шестимісячного віку української чорно-рябої молочної породи, які були сформовані у 2 групи по 5 тварин у кожній: контрольну та дослідну. Бугайці контрольної групи перебували на звичайному раціоні. Бугайцям дослідної групи згодовували з кормом хлорид кадмію в дозі 0,04 мг/кг маси тіла тварини.

Для проведення досліджень дотримувалися правил, обов'язкових з виконання зоотехнічних дослідів щодо підбору та утримання тварин-аналогів у групі, технології заготівлі, використання й обліку спожитих кормів. Раціон тварин був збалансований за поживними та мінеральними речовинами, які забезпечували їх потребу в основних елементах живлення.

Утримання, годівлю, догляд та усі маніпуляції з тваринами здійснювали згідно з Європейською конвенцією «Про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей» (Страсбург, 1986 р.) і «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001). Експерименти проводили з дотриманням

принципів гуманності, викладених у директиві Європейської Спільноти.

Дослід тривав упродовж 30-и діб. Кров для аналізу брали з яремної вени на 5-, 10-, 15-, 20-, і 30-ту добу досліду.

Лізозимну активність сироватки крові визначали з використанням як тест-мікроба добову культуру *Micrococcus lysodeicticus* штаму ВКМ-109 нефелометричним методом, оптичну густину вимірювали при довжині хвилі 540 нм. Бактерицидну активність у зразках сироватки крові досліджували за методом Ю. М. Маркова (1968) з використанням добової культури *E. coli* штаму ВКМ-125. Фотоколориметрування проводили до та після 3-годинної інкубації [26]. Визначення вмісту циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові проводили з використанням боратного буферу. Вибіркова преципітація комплексів антиген-антитіло відбувалась під впливом високомолекулярного ПЕГ, масою 6000 Да. Облік результатів проводили шляхом фотоколориметрування щільності преципітату при довжині хвилі 450 нм [26]. Фагоцитарну реакцію нейтрофілів крові оцінювали за фагоцитарною активністю (ФА) та фагоцитарним індексом (ФІ) за методикою В. С. Гостева (1950) [26].

Аналіз результатів досліджень проводили за допомогою пакету програм Statistica 6.0. Вірогідність різниць оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Результати середніх значень вважали статистично вірогідними при * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,001$ (ANOVA).

Результати досліджень та їх обговорення

Встановлено, що за умов кадмієвого навантаження фагоцитарна активність нейтрофілів у крові бугайців дослідної групи, починаючи з 15 доби досліду, знижувалася. Вірогідне зниження цього показника спостерігали на 25 і 30 доби досліду, де відповідно з контрольною групою фагоцитарна активність нейтрофілів знизилася на 5,4 і 4,1 % відповідно (табл. 1).

1. Фагоцитарна активність нейтрофілів у крові бугайців за умови хронічного кадмієвого токсикозу ($M \pm m, n=5$)

Час дослідження крові (доби)	Фагоцитарна активність (%)	
	групи тварин	
	контрольна	дослідна
Вихідні величини	57,3±1,95	57,1±2,10
П'ята доба	56,9±2,11	57,8±2,05
Десята доба	57,1±1,75	55,8±2,25
П'ятнадцята доба	57,3±1,80	54,2±1,50
Двадцята доба	56,8±1,03	51,4±1,14*
Тридцята доба	57,0±1,06	52,9±0,95*

Примітки: * – $P < 0,05$ – ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи.

При дослідженні фагоцитарного індексу у дослідних тварин встановлено, що на початку досліду він коливався у межах 9,75±0,26 і 9,73±0,27 од. При згодовуванні кадмію бугайцям дослідної групи встановлено вірогідне зниження фагоцитарного індексу на 15, 20 і 30 доби досліду (табл. 2).

2. Фагоцитарний індекс крові бугайців за хронічного кадмієвого токсикозу ($M \pm m, n=5$)

Час дослідження крові (доби)	Фагоцитарний індекс (од.)	
	групи тварин	
	контрольна	дослідна
Вихідні величини	9,75±0,26	9,73±0,27
П'ята доба	9,78±0,34	9,95±0,35
Десята доба	9,70±0,28	8,78±0,41
П'ятнадцята доба	9,74±0,30	8,45±0,23*
Двадцята доба	9,77±0,21	7,99±0,37*
Тридцята доба	9,74±0,32	8,61±0,40*

Примітки: * – $P < 0,05$ – ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи.

Найнижчий фагоцитарний індекс був на 20 добу досліду, де порівняно з контрольною групою він знизився на 18,2 %. На 30 добу досліду фагоцитарний індекс крові бугайців дослідної групи порівняно з попередньою добою зріс, однак, порівнюючи з контролем, залишався на низькому рівні. Таке

ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА

зниження фагоцитарного індексу вказує на пригнічення фагоцитарної активності лейкоцитів.

Проведені дослідження показників фагоцитарного індексу та фагоцитарної активності нейтрофілів дали можливість вивчити особливості їх змін і визначити важливу роль неспецифічної ланки імунної системи в патогенезі кадмієвого токсикозу у молодняка великої рогатої худоби.

При дослідженні гуморальної ланки імунної системи бугайців за умови кадмієвого навантаження встановлено незначне підвищення бактерицидної активності сироватки крові тварин на 5 добу досліду, з подальшим її зниженням у наступні періоди досліджень (табл. 3).

3. Бактерицидна активність сироватки крові бугайців за умови хронічного кадмієвого токсикозу ($M \pm m, n=5$)

Час дослідження крові (добы)	БАСК (%)	
	групи тварин	
	контрольна	дослідна
Вихідні величини	55,6±0,70	55,7±0,59
П'ята доба	55,9±0,59	56,6±0,85
Десята доба	55,7±0,71	54,3±0,41
П'ятнадцята доба	56,0±0,63	51,4±0,70*
Двадцята доба	55,8±0,67	47,3±0,35**
Тридцята доба	55,7±0,60	49,7±0,84**

Примітки: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,001$ – ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи.

Вірогідне зниження бактерицидної активності сироватки крові бугайців дослідної групи відмічаємо на 15 добу досліду, де порівняно з контролем вона знизилася на 4,6 %. На 20 добу досліду БАСК бугайців, яким згодували кадмій, становила 47,3±0,35 %, тоді як у контрольній групі цей показник становив 55,8±0,67 %. На 30 добу досліду бактерицидна активність сироватки крові бугайців дослідної групи була нижчою на 6,0 %.

При визначенні лізоцимної активності сироватки крові встановлено вірогідне її зниження, вже починаючи з 10 доби досліду, де відповідно з контрольною групою тварин вона знизилася на 1,9 %. На 15 і 20 доби досліду лізоцимна активність сироватки крові бугайців дослідної групи коливалася в межах 20,3±0,30 і 19,4±0,70 %, тоді як у контролі цей показник становив 23,0±0,55 і 22,7±0,42 % (табл. 4). На 30 добу досліду лізоцимна активність сироватки крові бугайців дослідної групи знизилася на 2,7 %.

Ці результати досліджень можуть вказувати на негативний вплив Кадмію на пригнічення гуморальних чинників резистентності організму бугайців.

4. Лізоцимна активність сироватки крові бугайців за умови хронічного кадмієвого токсикозу ($M \pm m, n=5$)

Час дослідження крові (добы)	ЛАСК (%)	
	групи тварин	
	контрольна	дослідна
Вихідні величини	22,6±0,51	22,7±0,45
П'ята доба	22,9±0,47	23,4±0,24
Десята доба	22,5±0,50	20,6±0,64*
П'ятнадцята доба	23,0±0,55	20,3±0,30*
Двадцята доба	22,7±0,42	19,4±0,70*
Тридцята доба	22,8±0,47	20,1±0,24**

Примітки: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,001$ – ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи.

Одним з індикаторів стану імунного статусу організму є рівень циркулюючих імунних комплексів у крові. Тривала циркуляція в організмі імунних комплексів навіть при незначному підвищенні їх рівня призводить до утворення накопичень останніх у тканинах, підвищеної агрегації і адгезії тромбоцитів, що, своєю чергою, спричиняє порушення мікроциркуляції крові та облітерацію судин гемомікроциркуляторного русла, пошкодження і некроз тканин.

У тварин контрольної та дослідної груп рівень циркулюючих імунних комплексів коливався в межах 67,4±1,10 і 67,1±2,10 ммоль/л. Після згодування хлориду кадмію у бугайців дослідної групи рівень циркулюючих комплексів вірогідно зростав на 10 добу досліду на 7,2 % відносно контролю. На 15 і 20 доби досліду рівень циркулюючих імунних комплексів у крові тварин дослідної групи відповідно зріс на 9,7 і 13,4 % (табл. 5).

5. Циркулюючі імунні комплекси у крові бугайців за умови хронічного кадмієвого токсикозу (M±m, n=5)

Час дослідження крові (доби)	ЦІК (ммоль/л)	
	групи тварин	
	Контрольна	Дослідна
Вихідні величини	67,4±1,10	67,1±2,10
П'ята доба	67,1±1,50	69,4±2,50
Десята доба	67,8±2,10	72,7±3,10*
П'ятнадцята доба	67,9±1,80	74,5±1,90*
Двадцята доба	67,2±1,67	76,2±2,30*
Тридцята доба	67,4±2,11	75,9±2,64*

Примітки: * – P<0,05 – ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи.

На 30 добу досліду рівень циркулюючих імунних комплексів у крові бугайців дослідної групи дещо знизився, однак порівняно з контрольною групою він був вищим на 12,6 % відповідно.

Висновки

За 30-добового навантаження молодняка великої рогатої худоби Кадмієм встановлено пригнічення неспецифічної та гуморальної ланки імунної системи. Пригнічення неспецифічної ланки імунної системи бугайців проявляється зниженням фагоцитарної активності нейтрофілів на 5,4 % та зменшенням фагоцитарного індексу на 18,2 % у їх крові. Встановлено також зниження гуморальних показників неспецифічної резистентності, а саме зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові бугайців на 8,5 і 3,3 % відповідно. Високий рівень циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові бугайців вказує на пригнічення імунореактивної системи організму внаслідок приєднання специфічних антитіл до продуктів метаболізму за умов кадмієвого навантаження.

Проведені дослідження дали можливість глибше розкрити патогенез токсичної дії Кадмію на організм бугайців та використати ці дані для розробки антитоду при кадмієвій інтоксикації.

Перспективи подальших досліджень. Отримані дані будуть застосовані у подальшому вивченні клітинної ланки імунної системи організму бугайців та для розробки антитодного препарату для лікування тварин за умови кадмієвого токсикозу.

References

1. Al-Azemi, M., Omu, F. E., Kehinde, E. O., Anim, J. T., Oriowo, M. A., & Omu, A. E. (2010). Lithium protects against toxic effects of cadmium in the rat testes. *Journal of Assisted Reproduction and Genetic*, 27 (8), 469–476. doi: 10.1007/s10815-010-9426-3.
2. Ali, M. M., Murthy, R. C., & Chandra, S. V. (1986). Developmental and longterm neurobehavioral toxicity of low-level in utero Cd exposure in rats. *Neurobehavioral Toxicology and Teratology*, 8 (5), 463–468.
3. El-Shahat, A. E., Gabr, A., Meki, A. R., & Mehana, E. S. (2009). Altered testicular morphology and oxidative stress induced by cadmium in experimental rats and protective effect of simultaneous green tea extract. *International Journal of Morphology*, 27 (3), 757–764. doi: 10.4067/S0717-95022009000300020.
4. Fregoneze, J. B., Marinho, C. A., Soares, T., Castro, L., Sarmiento, C., Cunha, M., Gonzalez, V., Oliveira, P., Nascimento, T., Luz, C. P., Santana, Jr. P., De-Oliveira, I. R., & e-Castro-e-Silva, E. (1997). Lead (Pb²⁺) and cadmium (Cd²⁺) inhibit the dipsogenic action of central beta-adrenergic stimulation by isoproterenol. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 30 (3), 419–423. doi: 10.1590/S0100-879X1997000300018.
5. Gajduk, M., Gutjy, B., & Gufrij, D. (2016). Therapeutic effectiveness of the drug rbs – dog as immune modulating means in the treatment of dogs with wounds at hypo ergic type of inflammation. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 18 (2(66)), 35–39. doi: 10.15421/nvlvet6608
6. Gutjy, B., Martyshchuk, T., Bushueva, I., Semeniv, B., Parchenko, V., Kaplaushenko, A., Magrelo, N., Hirkovy, A., Musiy, L., & Murska, S. (2017). Morphological and biochemical indicators of blood of rats poisoned by carbon tetrachloride and subject to action of liposomal preparation. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8 (2), 304–309. doi: 10.15421/021748.
7. Hariv, I. I. Gutjy, B. V., Gufrij, D. F., Vishhur, O. I., Hariv, M. I., & Guta, Z. A (2016). Vliyanie

amprolinsila i brovitakokcida na sostojanie immunnoj sistemy indeek pri jejmerioznoj invazii. *Nauchno-prakticheskij zhurnal. Uchenye Zapiski*, 52 (2), 24–28 [In Russian].

8. Khariv, I., Gutyj, B., Hunchak, V., Slobodyuk, N., Vynyarska, A., Sobolta, A., Todoruk, V., & Seniv, R. (2017). The influence of brovitatoxide in conjunction with milk thistle fruits on the immune system of turkeys for eimeriozic invasion. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (73), 163–168. doi: 10.15421/nvlvet7334.

9. Khariv, M., Gutyj, B., Ohorodnyk, N., Vishchur, O., Khariv, I., Solovodzinska, I., Mudrak, D., Grymak, C., Bodnar, P. (2017). Activity of the T- and B-system of the cell immunity of animals under conditions of oxidation stress and effects of the liposomal drug. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (4), 536–541. doi: 10.15421/2017_157.

10. Lavryshyn, Y., & Gutyj, B. (2019). Protein synthesise function of bulls liver at experimental chronic cadmium toxicity. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (94), 92–96. doi: 10.32718/nvlvet9417.

11. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Palyadichuk, O., & Vishchur, V. (2018). Morphological blood indices of bulls in experimental chronic cadmium toxicosis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (88), 108–114. doi: 10.32718/nvlvet8820.

12. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Paziuk, I., Levkivska, N., Romanovych, M., Drach, M., & Lisnyak, O. (2019). The effect of cadmium loading on the activity of the enzyme link of the glutathione system of bull organism. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (95), 107–111. doi: 10.32718/nvlvet9520.

13. Liu, J., Qian, S.Y., Guo, Q., Jiang, J., Waalkes, M. P., Mason, R. P., & Kadiiska, M. B. (2008). Cadmium generates reactive oxygen- and carbon-centered radical species in rats: Insights from in vivo spin-trapping studies. *Free Radical Biology and Medicine*, 45 (4), 475–481. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2008.04.041.

14. Lu, J., Jin, T., Nordberg, G., & Nordberg, M. (2005). Metallothionein gene expression in peripheral lymphocytes and renal dysfunction in a population environmentally exposed to cadmium. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 206 (2), 150–156. doi: 10.1016/j.taap.2004.12.015.

15. Martyshuk, T. V., Gutyj, B. V., Vishchur, O. I., & Todoruk, V. B. (2019). Biochemical indices of piglets blood under the action of feed additive “Butaselmavit-plus”. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 2 (2), 27–30. doi: 10.32718/ujvas2-2.06.

16. Martyshuk, T. V., Hutyi, B. V., Khalak, V. I., Stadnytska, O. I., & Todoruk, V. B. (2019). Stan immunoi systemy porosiat za dii kormovoi dobavky “Butaselmavit-plius”. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, 4, 116–125. doi: 10.31210/visnyk2019.04.14 [In Ukrainian].

17. Ostapiuk, A. Yu., & Hutyi, B. V. (2020). Vplyv kadmiievoho navantazhennia na imunnyi status orhanizmu kurei nesuchok. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, 1, 252–259. doi: 10.31210/visnyk2020.01.29 [In Ukrainian].

18. Ostapyuk, A. Y., & Gutyj, B. V. (2020). Influence of milk thistle, methifene and sylimevit on the morphological parameters of laying hens in experimental chronic cadmium toxicosis. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 3 (1), 42–46. doi: 10.32718/ujvas3-1.08.

19. Peng, L., Wang, X., Huo, X., Xu, X., Lin, K., Zhang, J., Huang, Y., & Wu, K. (2015). Blood cadmium burden and the risk of nasopharyngeal carcinoma: a case-control study in Chinese Chaoshan population. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (16), 12323–12331. doi: 10.1007/s11356-015-4533-4.

20. Rajasundari, T. A., Chandrasekar, K., Vijayalakshmi, P., & Muthukkaruppan, V. (2006). Immune status of health care personnel & post vaccination analysis of immunity against rubella in an eye hospital. *Indian journal of medical research*, 124 (5), 488–490.

21. Rodríguez, E.M., Bigi, R., Medesani, D. A., Stella, V. S., Greco, L. S. L., Moreno, P. A. R., Monserrat, J. M., Pellerano, G. N., & Ansaldo, M. (2001). Acute and chronic effects of cadmium on blood homeostasis of an estuarine crab, *Chasmagnathus granulata*, and the modifying effect of salinity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 34 (4), 509–518.

22. Salvatori, F., Talassi, C. B., Salzgeber, S. A., Sipinosa, H. S., & Bernardi, M. M. (2004). Embryotoxic and long-term effects of cadmium exposure during embryogenesis in rats. *Neurotoxicology and Teratology*, 26 (5), 673–680. doi: 10.1016/j.ntt.2004.05.001.

23. Slobodian, S. O., Gutyj, B. V., & Murska, S. D. (2020). Effect of sodium selenite and feed additive “Metisevit plus” on morphological parameters of blood of rats at the intoxication of Cadmium and Lead. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veteri-*

nary sciences, 22 (97), 52–57. doi: 10.32718/nvlvet9710.

24. Stojanovskyj, V., Garmata, L., & Kolomijets, I. (2016). Function of quail immune system at different periods of postnatal ontogenesis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 18 (3(70)), 36–39. doi: 10.15421/nvlvet7009.

24. Uetani, M., Kobayashi, E., Suwazono, Y., Okubo, Y., Honda, R., Kido, T., & Nogawa, K. (2005). Selenium, cadmium, zinc, copper, and iron concentrations in heart and aorta of patients exposed to environmental cadmium. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 75 (2), 246–250. doi: 10.1007/s00128-005-0744-6.

25. Vlizlo, V. V. (Red.). (2012). *Laboratorni metody doslidzhen u biologiyi, tvarynnystvii ta veterynarniy medytsyni*. Lviv: Spolom [In Ukrainian].

26. Vorozhenko, V. V., & Skalskyi, Yu. M. (2011). Hihienichna otsinka ryzykiv vplyvu neradiatsiinykh antropohennykh chynnykiv na stan zdorovia naseleння Ukrainy. *Odeskyi Medychnyi Zhurnal*, 5 (127), 4–8 [In Ukrainian].

27. Zinko, H. (2017). Immune status of calves sick with gastroenteritis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (82), 61–65. doi: 10.15421/nvlvet8213.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2020 р.

Лавришин Ю. Ю., Гутий Б. В. Імунний статус організму бугайців за умови експериментального хронічного кадмієвого токсикозу. *Вісник ПДАА*. 2020. № 2. С. 244–251.

© Лавришин Юлія Юріївна, Гутий Богдан Володимирович, 2020