



УДК 63+502/636.2/637.1

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.15.2026.27>

### ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ОРГАНІЗМІ ДІЙНИХ КОРІВ З РІЗНИМИ РАЦІОНАМИ ГОДІВЛІ

С. В. Портянник<sup>1</sup>, О. М. Маменко<sup>2</sup>, О. М. Церенюк<sup>3</sup>, А. О. Онищенко<sup>4</sup>

*Забруднення довкілля важкими металами (ВМ) чинить негативний вплив на стан сільськогосподарських угідь і тварин. Екологічна безпека в умовах війни є надзвичайно загрозливою. Важкі метали*

*Cd, Pb та ін. швидко мігрують у біосфері, потрапляючи з раціоном в організм дійних корів, акумулюються у внутрішніх органах, тканинах. Експеримент проведено на коровах, відібраних методом аналогів за живою масою і продуктивністю. Наприкінці досліду, що тривав 120 днів, забито по три тварини з кожної піддослідної групи. Аналіз середніх зразків нирок, печінки, селезінки, легень, серця, кісткової і м'язової тканини на вміст екотоксикантів зроблено атомно-абсорбційним методом. Мета досліджень – встановлення концентрації кадмію та плюмбуму в нирках, печінці, легенях, серці, селезінці, кістковій та м'язовій тканині лактуючих корів за різних раціонів годівлі.*

*Найбільша концентрація Cd спостерігалася в нирках, м'язах, печінці, легенях, селезінці, серці, кістках, а Pb – у легенях, нирках, м'язах, печінці, кістках, селезінці, серці. На нирки, м'язи, печінку припадало 57 % від загальної кількості перевищення гранично допустимої концентрації кадмію. Печінка, нирки, селезінка, легені найбільше акумулювали кадмій. Нирки та печінка приймали на себе головний удар екотоксиканта кадмію. На них разом припадало 38 % контамінації. По 69 % перевищення гранично допустимої концентрації Pb припадало на нирки, печінку, м'язи, легені, по 31 % – селезінку, кістки, серце. У нирках, печінці, головному мозку, кістковій тканині акумулюція*

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
старший науковий співробітник лабораторії екологічної безпеки в тваринництві  
(Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України, м. Полтава)  
e-mail: portynnyuk@i.ua  
ORCID: 0000-0001-5716-7352

<sup>2</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор,  
головний науковий співробітник лабораторії годівлі, фізіології живлення  
сільськогосподарських тварин та кормовиробництва  
(Інститут тваринництва НААН України, м. Харків)  
e-mail: z-t\_e-y2015@meta.ua  
ORCID: 0000-0003-3638-2525

<sup>3</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор  
(Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України, м. Полтава)  
e-mail: tserenyuk@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-4797-9685

<sup>4</sup> кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
(Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України, м. Полтава)  
e-mail: geroi76@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-0684-1201

плумбуму була найвищою. Нирки, печінка, легені найбільше концентрують важкі метали, кадмій та плумбум, котрі є небезпечними контамінантами. Їх акумуляційний вплив змінюється залежно від виду раціонів і застосованих антидотів у вигляді преміксу та фітобіопрепарату в технологічному процесі виробництва екологічно безпечного коров'ячого молока.

**Ключові слова:** внутрішні органи, тканина, тип годівлі, кадмій, плумбум.

## HEAVY METALS CONTENT IN THE ORGANISM OF LIVING COWS WITH DIFFERENT FEEDING DIETS

**S. V. Portiannyk, O. M. Mamenko, O. M. Tsereniuk, A. O. Onyshchenko**

*Environmental pollution with heavy metals (HM) has a negative impact on the condition of agricultural lands and animals. Ecological safety in war conditions is extremely threatening. Heavy metals Cd, Pb, etc. quickly migrate in the biosphere, entering the body of dairy cows with the diet, accumulate in internal organs and tissues. The experiment was conducted on cows selected by the method of analogues for live weight and productivity. At the end of the experiment, which lasted 120 days, three animals from each experimental group were slaughtered. Analysis of average samples of kidneys, liver, spleen, lungs, heart, bone and muscle tissue for the content of ecotoxicants was carried out by the atomic absorption method. The purpose of the research is to determine the concentration of cadmium and lead in the kidneys, liver, lungs, heart, spleen, bone and muscle tissue of lactating cows under different feeding rations. For Cd, the highest concentration was in the kidneys, muscles, liver, lungs, spleen, heart, bones, and for Pb, the lungs, kidneys, muscles, liver, bones, spleen, heart. Kidneys, muscles, liver accounted for 57% of the total excess of the maximum permissible concentration for cadmium. The highest accumulation effect. The liver, kidneys, spleen, lungs accumulated cadmium the most. The kidneys and liver take the main blow of the ecotoxicant cadmium. Together, they account for 38% of the contamination. For Pb, 69% of the excess of the maximum permissible concentration is accounted for by the kidneys, liver, muscles, lungs, 31% by the spleen, bones, heart. The accumulation of lead is highest in the kidneys, liver, brain, and bone tissue. The kidneys, liver, and lungs concentrate the heavy metals cadmium and lead, which are dangerous contaminants, the accumulation of which varies depending on the type of diet and the antidotes used in the form of premixes and phytobiopreparations in the technological process of producing environmentally safe cow's milk.*

**Key words:** internal organs, tissue, type of feeding, cadmium, lead.

### Вступ

Важкі метали, особливо такі небезпечні, як кадмій, плумбум, ртуть та інші, потрапляють у довкілля внаслідок техногенного, а сьогодні і мілітарного впливу. Порушення науково-обґрунтованих норм застосування агрохімікатів також призводить до акумуляції токсикантів у компонентах біосфери. Забруднення навколишнього природного середовища здійснюють неконтрольовані викиди промислових підприємств, техногенні аварії, викиди автотранспорту тощо. Акумулюючись у ґрунті, рослинах політанти потрапляють із кормами в раціон дійних корів, накопичуються в організмі у внутрішніх органах і тканинах, виводяться з молоком (Засекін та ін., 1995; Засекін, 1999; Засекін, 2000; Засекін та ін., 2000; Маменко, 2000; Буцяк і Кравців, 2003; Portiannyk & Mamenko, 2021; Величко, 2023; Portiannyk et al., 2024).

До існуючих антропогенного-техногенних факторів забруднення довкілля

з 2022 року додалося забруднення повітря, ґрунту, води внаслідок бойових дій. У деяких регіонах України ситуація перебуває на межі екологічної катастрофи, забруднення сільськогосподарських угідь є дуже значним. У післявоєнний період ситуація щодо забруднення ВМ агроєкосистем не зменшиться. Виробництво екологічно безпечної продукції тваринництва молока, м'яса тощо та збереження здоров'я тварин буде актуальним і важливим завданням. Вміст ВМ у молоці, внутрішніх органах, тканинах залежить від інтенсивності забруднення екосистем, виду раціону і його збалансованості, технології утримання тварин, продуктивності тощо (Ковальчук і Федорук, 2006; Кушнір і Оніпко, 2018).

Акумуляція кадмію та плумбуму в організмі тварин спричиняє токсичний ефект, що негативно впливає на функціонування нирок, печінки інших органів і систем, розвиваються процеси канцерогенезу, знижується резистентність (Liu et al., 2009;

Hashemi, 2018;). Тому актуальними є дослідження щодо контамінації ВМ в організмі дійних корів за різних типів годівлі й застосування спеціальних антидотних речовин для зниження хронічної інтоксикації в умовах технології виробництва коров'ячого молока.

Метою досліджень є встановлення концентрації кадмію та плумбуму в нирках, печінці, легенях, серці, селезінці, кістковій та м'язовій тканині корів за різних раціонів годівлі.

### **Матеріал і методи**

Науково-господарські досліди проведено на скотарських фермах Лісостепової ґрунтово-кліматичної зони України. Дійних корів із третім періодом лактації відібрано методом аналогів за живою масою, продуктивністю. Тваринам першої контрольної групи з різними типами раціонів згодовувався основний раціон. У другій дослідній групі основний раціон добалансовано преміксом «МП-А», у третій – антидотну дію преміксу посилено ін'єкцією фітобіопрепарату «БП-9». У годівлі корів української чорно- і червоно-рябої молочної породи застосовували раціони силосно-сінажного, силосно-коренеплодного, силосно-сінного та силосно-сінажно-концентратного типу. Середня жива маса корів – 500–545 кг. Дослід тривав 120 днів. Наприкінці проведено гострий дослід. Забито по три тварини з кожної піддослідної групи та відібрано середні зразки внутрішніх органів і тканин. У лабораторії методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії проведено аналіз зразків на вміст кадмію, плумбуму. Статистичну обробку отриманих результатів зроблено в програмі STATISTICA версії 10.0. Визначено середнє значення концентрації поліютантів у виборці (M) і стандартне відхилення (SD). У таблиці дані наводяться у вигляді діапазону середнього значення (M). Розбіжності між середніми значеннями вважали статистично вірогідними за  $p < 0,05$ .

### **Результати**

Після проведення гострого досліду внутрішні органи ретельно оглянуті ветлікарем і не виявлено патологічних змін, відхилень. Печінка нормального кольору, пружна. Нирки із характерною хвилястістю долей, типового кольору із чітко помітною лінією поділу сірої та білої речовини. Селезінка має характерну зернистість на зрізі, помірну щільність, специфічний колір. Легені без уражень, проявів запалення.

Концентрація ВМ у нирках, печінці, селезінці, серці, легенях, кістковій і м'язовій

тканині є головним показником, що підтверджує потрапляння екоотоксикантів в організм тварин із раціоном, водою чи з атмосферного повітря в процесі філогенезу.

Результати лабораторних досліджень показують, що згодовування преміксу дійним коровам та ін'єкція біопрепарату вплинули на перерозподіл плумбуму, кадмію у досліджуваних органах і тканинах.

Вміст ВМ може бути не лише у виробленому молоці, але й у м'язовій тканині, ураження зазнають внутрішні органи, що відіграють важливу роль у знешкодженні й ескреції небезпечних поліютантів. Cd, Pb безперешкодно проникають із кормами раціону через шлунково-кишковий тракт (ШКТ). Токсиканти всмоктуються в кров, розносяться по організму, акумулюються у внутрішніх органах і тканинах, котрі у корів перших контрольних груп із різними раціонами не відповідали встановленим нормам (табл. 1 та рис. 1–2).

У порядку зменшення концентрації найбільше акумулювали кадмій нирки, м'язова тканина, печінка, легені, селезінка, серце та кісткова тканина; плумбум легені, нирки, м'язова тканина, печінка, кісткова тканина, селезінка та серце (див. табл. 1). 57 % від загальної кількості перевищення гранично допустимої концентрації Cd припадає на нирки, м'язову тканину та печінку. Нами встановлено рівномірний розподіл елемента в легенях, селезінці, серці та кістковій тканині. Кадмій без винятку стає доступним всім органам і тканинам організму, що може впливати на його гомеостаз. М'язова тканина.

Акумулює поліютанта в небезпечній концентрації. Токсичний удар передусім сприймають нирки й печінка – на них припадає 38 %. Стосовно плумбуму, то 69 % його припадає на нирки, печінку, м'язову тканину та легені, а 31 % – на селезінку, кісткову тканину та серце. Акумуляція поліютанта в легенях означає надходження його в організм із вдихуваним атмосферним повітрям протягом усього часу існування тварини. 34 % вмісту елемента припадає на нирки та печінку. Плумбум, як і кадмій, – два небезпечні екоотоксиканти з ефектом акумуляції в органах та тканинах. Процес їх виведення з організму значно повільніший, ніж накопичення. У таких ситуаціях ризик негативного впливу на стан здоров'я тварин, їх продуктивність і якість молока, його екологічну безпеку є дуже значним.

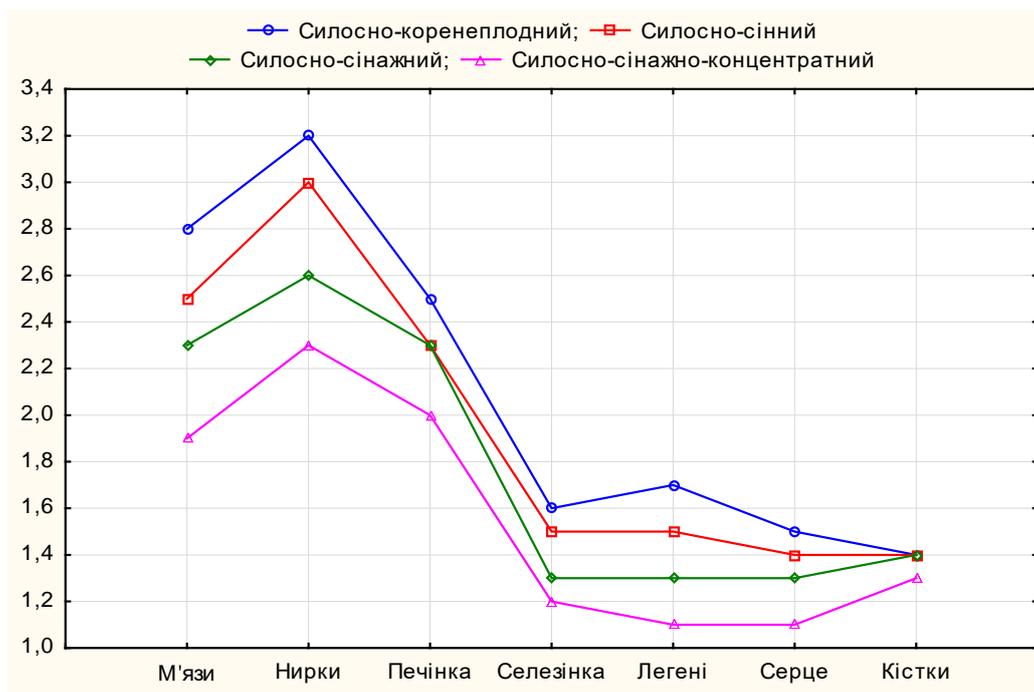


Рис. 1. Перевищення ГДК Cd у внутрішніх органах і тканинах тварин перших контрольних груп за різних типів раціонів (раза)

Таблиця 1

Перевищення гранично допустимої концентрації важких металів у внутрішніх органах і тканинах дійних корів

Орган (тканина), що акумулювали важкий метал у корів із силосно-коренеплодним, силосно-сінним, силосно-сінажним та силосно-сінажно-концентратним типом раціону (раза)						
Cd	1	нирки у 3,2; 3,0; 2,6; 2,3	Pb	1	нирки у 4,5; 4,4; 4,0; 3,5	
	2	печінка у 2,5; 2,3; 2,3; 2,0		2	легені у 4,6; 4,1; 3,7; 3,0	
	3	легені у 1,7; 1,5; 1,3; 1,1		3	печінка у 3,1; 2,9; 2,8; 2,7	
	4	селезінка у 1,6; 1,5; 1,3; 1,2		4	м'язи у 3,4; 2,9; 2,5; 2,2	
	5	серце у 1,5; 1,4; 1,3; 1,1		5	кістки у 2,8; 2,5; 2,5; 2,1	
	6	кістки у 1,4; 1,4; 1,3; 1,2		6	селезінка у 2,5; 2,5; 2,1; 1,7	
	7	м'язи у 2,8; 2,5; 2,3; 1,9		7	серце у 1,9; 1,8; 1,6; 1,4	

Примітка: ГДК Cd у м'язовій тканині – 0,005 мг/кг, нирках – 1,0 мг/кг, субпродуктах – 0,3 мг/кг, Pb – 0,5, 1,0 та 0,6 мг/кг відповідно (Обов'язковий мінімальний перелік досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження, 1998).

Таблиця 2

Порядок розташування органів і тканин корів перших контрольних груп за фактичним вмістом важких металів

Орган (тканина) накопичення токсичних важких металів (у порядку зменшення вмісту токсикантів), мг/кг сирової речовини						
Cd	1	нирки 2,305–3,241	Pb	1	нирки 3,452–4,522	
	2	печінка 0,611–0,752		2	легені 1,812–2,763	
	3	легені 0,331–0,513		3	печінка 1,607–1,865	
	4	селезінка 0,361–0,486		4	м'язи 1,083–1,691	
	5	серце 0,337–0,459		5	кістки 1,234–1,685	
	6	кістки 0,392–0,423		6	селезінка 1,029–1,503	
	7	м'язи 0,094–0,140		7	серце 0,840–1,146	

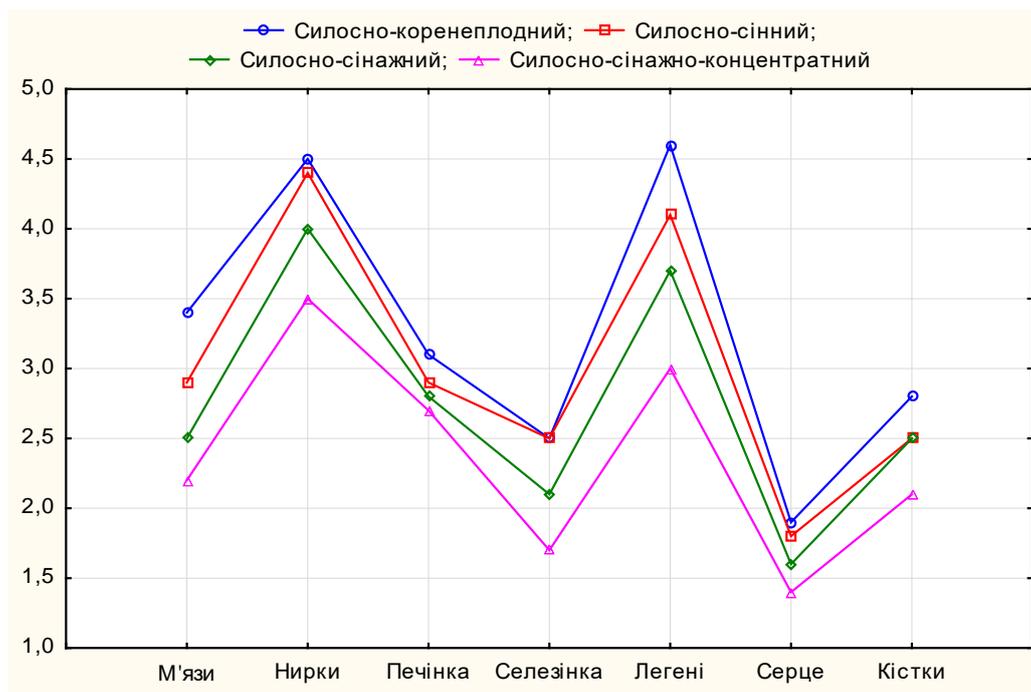


Рис. 2. Перевищення ГДК Pb у внутрішніх органах і тканинах тварин перших контрольних груп за різних типів раціонів (раза)

У таблиці 2 наведено розташування досліджуваних органів і тканин корів перших контрольних груп за рівнем концентрації екотоксикантів Cd та Pb.

Як бачимо з таблиці 2, нирки, печінка та легенева тканина мають найбільшу концентрацію кадмію та плумбуму, що в умовах цього експерименту й екологічних факторів впливу на довкілля є закономірним. Нирки, печінка – органи-мішені щодо ураження ВМ. Легенева, м'язова тканина, селезінка та серце теж накопичують велику кількість полютантів, що може негативно впливати на ендоекологічний стан організму тварин загалом.

#### Обговорення

Результати наших досліджень узгоджуються з даними як вітчизняних, так і закордонних вчених (Засекін та ін., 1995; Засекін, 1999; Засекін, 2000; Засекін та ін., 2000; Маменко, 2000; Кравців та ін., 2001; Буцяк і Кравців, 2003; Hashemi, 2018; Mulugeta et al., 2022; Jude et al., 2024). В умовах хронічної інтоксикації ВМ органами-мішенями є нирки, печінка, крім того, легені, серце, селезінка, кісткова та м'язова тканини також накопичують полютанти у великій кількості.

Згодовування тваринам мінерально-вітамінного преміксу та ін'єкція біопрепарату з екстракту дев'яти лікарських рослин діяли

як антидотні речовини, знижуючи вміст кадмію та плумбуму в нирках, печінці, селезінці, серці, м'язовій, легеневої та кістковій тканинах корів других і третіх дослідних груп. Зниження вмісту кадмію найбільше встановлено в нирках корів із силосно-коренеплодним типом годівлі, у середньому в другій групі у 2,5 раза, у третій – у 3,6 раза порівняно з першою контрольною групою. Концентрація елемента знизилася з  $0,140 \pm 0,006$  мг/кг у першій контрольній групі до  $0,047 \pm 0,007$  мг/кг у другій та  $0,043 \pm 0,006$  мг/кг у третій дослідній групі відповідно ( $p < 0,001$ ). Добалансування основного раціону преміксом позитивно вплинуло на зниження концентрації кадмію у м'язовій тканині другої та третьої дослідних груп корів на 66,4–69,2 % порівняно з першою контрольною групою, що доводить ефективність цього технологічного прийому для виробництва екологічно безпечного м'яса яловичини.

У корів, яким згодовувалися раціони інших типів, спостерігалася подібна ситуація, отже, склад преміксу і біопрепарату розроблені нами правильно. У тварин із силосно-сінним раціоном найбільший вміст кадмію зафіксовано в печінці, а у корів із силосно-коренеплодним раціоном – у нирках. За силосно-коренеплодного типу

годівлі тварини отримували більше соковитих кормів, за силосно-сінного – грубих. Лігніфікована целюлоза клітковини знижувала відкладення в організмі токсикантів, що підтверджується зниженням вмісту їх у крові, внутрішніх органах, субпродуктах (Portiannuk & Mamenko, 2021). Кращий антитоксичний ефект антидотних речовин проявився у тварин із силосно-сінажним та силосно-сінажно-концентратним раціоном. Вміст кадмію у дослідних групах знизився максимально і відповідав допустимим нормам концентрації ( $p < 0,001$ ). Встановлено найвище зниження кадмію у м'язовій тканині корів другої та третьої дослідних груп із силосно-коренеплодним і силосно-сінним раціоном порівняно з першою контрольною групою.

На зменшення всмоктування плюмбуму в шлунково-кишковому тракті впливають залізо, кальцій, фосфати, магній, етанол, жири. Нами додано до складу преміксу «МП-А» дикальційфосфат, спалену магnezію, що сприяло конкуренції металів на відповідних ділянках зв'язування. Кількість всмоктування плюмбуму в ШКТ залежить від кількості елемента, котра потрапила з кормами раціонів. Транспорт плюмбуму через епітеліальну тканину слизової оболонки кишківника стимулює жовч, біопрепарат у такій ситуації відіграє важливу роль. У других дослідних групах, де не застосовувався препарат, акумуляція токсиканта у внутрішніх органах і тканинах корів із різними раціонами була вищою. У м'язовій тканині тварин із силосно-коренеплодним типом годівлі концентрація плюмбуму  $0,483 \pm 0,017$  мг/кг, із силосно-сінним –  $0,475 \pm 0,005$ , із силосно-сінажним –  $0,430 \pm 0,003$ , із силосно-сінажно-концентратним –  $0,373 \pm 0,007$  мг/кг є значно нижчою порівняно з першою контрольною групою ( $p < 0,001$ ). Вміст плюмбуму в органах і тканинах вдалося зменшити в середньому в 1,3–5,8 раза у тварин із силосно-коренеплодним типом годівлі, у 3,1–6,0 – із силосно-сінним, 2,9–6,5 – із силосно-сінажним, у 2,7–8,3 раза – із силосно-сінажно-концентратним відповідно ( $p < 0,001$ ). Надходження Pb з кормами раціону було найвищим у тварин із силосно-коренеплодним раціоном, потім – силосно-сінним, силосно-сінажним та силосно-сінажно-концентратним. Зменшення плюмбуму в зразках, безумовно, обумовлене типом годівлі, котрий сприяв посиленню екскреції цього елемента в середньому на 66–86,4 % у тварин із силосно-сінажним

і 63,1–88 % із силосно-сінажно-концентратним раціоном ( $p < 0,001$ ).

Рівномірне і досить високе зниження плюмбуму у м'язовій тканині, нирках, печінці, селезінці, серці, легеневій та кістковій тканинах є важливим у технології виробництва екологічно безпечної продукції тваринництва, як молока, так і м'яса. Хімічний аналіз легеневої тканини підтвердив потрапляння плюмбуму із вдихуваним повітрям. Комплексне застосування антидотних речовин загалом забезпечило стійку динаміку зменшення полютанта у внутрішніх органах і тканинах тварин за всіх типів годівлі ( $p < 0,001$ ).

Науковці (Jude et al., 2024) відбирали протягом шести тижнів середні проби по 100 грамів кожна нирок, печінки, м'язової тканини тварин на бійні в Нігерії і робили відповідний аналіз. Встановили середній вміст Al, Cd, Cr, Ni та Pb у нирках, печінці, м'язах корів, кіз, овець. Концентрація (мг/кг) алюмінію коливалася до 42,4, кадмію – від 0,34 до 0,95, хрому – до 1,68, нікелю – від 0,42 до 9,22, плюмбуму – до 1,49. Концентрація кадмію у м'язових тканинах перевищувала норму 0,05 мг/кг у всіх внутрішніх органах, встановлених регуляторними органами країни та в печінці кіз. Середній вміст плюмбуму у м'язовій тканині та печінці досліджуваних тварин перевищував допустимі норми 0,1 мг/кг та 0,2 мг/кг відповідно, встановлені Всесвітньою організацією охорони здоров'я. Учені рекомендують моніторинг споживання відповідних продуктів із міркувань захисту здоров'я людей, споживачів продукції, що, на думку науковців, сприяє контролю безпеки кормів для тварин, зменшенню кількості важких металів, котрі потрапляють із раціоном. Дослідники з Ефіопії (Mulugeta et al., 2022) також досліджували важкі метали в нирках, печінці, м'язовій тканині великої рогатої худоби. Загальні середні концентрації чотирьох металів коливалися в діапазоні: 1,5–11,5 для міді, до 1,05 для хрому, 0,42–1,5 для плюмбуму та до 0,41 для кадмію. Найвища середня концентрація отримана для міді у зразках печінки –  $11,50 \pm 0,53$  мг/кг і найнижча для кадмію у зразках м'язової тканини –  $0,060 \pm 0,004$  мг/кг. Печінка містила найбільший вміст досліджуваних токсикантів порівняно з нирками і м'язовою тканиною, за винятком кадмію, для котрого вміст був найвищим у нирках ( $p < 0,05$ ). Науковці виявили важкі метали в різних діапазонах

концентрацій у всіх зразках тканин великої рогатої худоби. Рівень полютантів у більшості зразків перевищував допустимі норми. Учені звертають увагу, що печінка є органом-мішенню для біоаккумуляції практично всіх важких металів, тоді як нирки, де вміст кадмію був найвищим, є органом, котрий переважно акумулює кадмій, що узгоджується з нашими результатами досліджень.

Таким чином, вивченням вмісту важких металів у нирках, печінці, селезінці, серці, легеневій, кістковій та м'язовій тканинах тощо різних видів сільськогосподарських тварин займаються як вітчизняні, так і закордонні вчені, що пов'язано з відповідною екологічною ситуацією. Застосування антидотних речовин сприяє зменшенню акумуляції токсикантів в організмі дійних корів, що сприяє виробництву високоякісної продукції тваринництва, молока, збереженню здоров'я тварин. Тривале надходження кадмію та плумбуму з основними раціонами різних типів без застосування антидотів призводить до поступового нако-

пичення полютантів у внутрішніх органах і тканинах, що обумовлене повільним виведенням їх з організму.

#### **Висновки**

Гострий дослід на дійних коровах перших контрольних груп доводить, що токсичні важкі метали Cd, Pb – небезпечні контамінанти, концентруються у внутрішніх органах і тканинах тварин із різними раціонами. Згодовування спеціального преміксу та ін'єкція біопрепарату діють як антидоти, зменшуючи акумуляцію полютантів в органах-мішенях: нирках, печінці, м'язовій тканині, що доводить їх позитивний ефект у технології виробництва екологічно безпечного коров'ячого молока. Раціони силосно-сінажного та силосно-сінажно-концентратного типу більшою мірою, ніж силосно-коренеплодного та силосно-сінного, сприяли зменшенню накопичення небезпечних токсикантів в організмі корів.

Подальші дослідження спрямовані на аналіз концентрації важких металів у внутрішніх органах і тканинах залежно від породного фактора.

#### **Список використаної літератури**

Буцяк В.І., Кравців Р.Й. Вплив цеолітів на трансформацію важких металів органами та тканинами корів в умовах антропогенного навантаження. *Біологія тварин*. 2003. Т. 5. № 1–2. С. 306–310.

Величко В.О. Ветеринарно-санітарна оцінка вмісту технологічно шкідливих речовин у молоці та їх виведення з організму тварини. *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних лікарських засобів та кормових добавок та Інституту біології тварин*. 2023. № 24 (2). С. 54–58. <https://doi.org/10.36359/scivp.2023-24-2.06>.

Засекін Д.А., Захаренко М.О., Свиначенко О.І. Шляхи отримання екологічно чистої продукції тваринництва в регіонах України з високим рівнем важких металів у навколишньому середовищі. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Сучасні проблеми екології та гігієни виробництва продукції тваринництва*. 2000. Вип. 8. Т. 1. С. 61.

Засекін Д.А., Шабельник М.М., Томчук В.А. Міграція важких металів в організм тварин за умов екологічно різних господарств. *Матеріали науково-практичної конференції*. Б. Церква, 1995. С. 146–147.

Засекін Д.А. До питання надходження важких металів в організм тварин. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 12. С. 59–61.

Засекін Д.А. Вміст важких металів у м'ясі та субпродуктах корів з екологічно різних ферм України. *Науковий вісник Національної академії наук*. 2000. Вип. 24. С. 25–28.

Кушнір С.О., Онішко А.Д. Екологічна ситуація в Україні: аналіз проблем та фінансування напрямків їх подолання. *Економічний простір*. 2018. № 136. С. 191–201.

Ковальчук І.І., Федорук Р.С. Вміст окремих важких металів у молоці і тканинах корів при експериментальному навантаженні кадмієм. *Вісник Дніпропетровського аграрного університету*. 2006. № 1. С. 58–62.

Кравців Р.Й., Салата В.З., Дашковський О.О. Сvineць: екологічні аспекти, метаболізм, антагонізм, токсичність, лікування та профілактика : монографія. Львів, 2001. 96 с.

Маменко О.М. Екологічні проблеми виробництва, переробки та забезпечення високої якості продукції тваринництва. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Сучасні проблеми екології та гігієни виробництва продукції тваринництва*. 2000. Вип. 8. Т. 1. С. 3–8.

Обов'язковий мінімальний перелік досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження, комбікормової сировини, комбікормів, вітамінних препаратів та ін. які слід проводити в державних лабораторіях ветеринарної медицини і за результатами яких видається ветеринарне свідоцтво (Ф-2). Держ. деп. вет. медицини. Київ, 1998. 32 с.

Hashemi S. Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018. Vol. 154 (15). P. 263–267. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.058>.

Jude E., Olatayo O., Ephriam M., Tenimu A., Queen E., Godfrey O., Anthony A. Carcinogenic and non-carcinogenic health risk assessment of heavy metals in the offal of animals from Felele Abattoir, Lokoja, Nigeria, *Toxicology Reports*. 2024. Vol. 13. 101701. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101701>.

Liu J., Qu W., Kadiiska M. Role of oxidative stress in cadmium toxicity and carcinogenesis. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2009. Vol. 238 (3). P. 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.01.029>.

Mulugeta L., Setegn K., Tilahun B., Atnafu G., Addis K., Rodrigo R. Heavy metal contents in bovine tissues (kidney, liver and muscle) from Central Gondar Zone, Ethiopia, *Heliyon*. 2022. Vol. 8. Issue 12. e12416. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12416>.

Portiannyk S., Mamenko O. Removal of toxic metals from the body of cows by using antidote substances, with its impact on milk productivity and environmental safety of agroecosystems around the industrial city in Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources*. 2021. Vol. 4 (4). P. 154–177. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.040411>.

Portiannyk S., Mamenko O., Rybalko V., Onyshchenko A. Application of Effective Technological Methods for the Production of Environmentally Safe Cow's Milk, *Vet Med Zoot*. 2024. Vol. 82 (2). P. 70–80. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15718492>.

## References

Butsiak, V.I., & Kravtsiv, R.Y. (2003). Vplyv tseolitiv na transformatsiiu vazhkykh metaliv orhanamy ta tkanynamy koriv v umovakh antropohennoho navantazhennia [The influence of zeolites on the transformation of heavy metals by organs and tissues of cows under conditions of anthropogenic load]. *Biologhiia tvaryn [Animal biology]*, 5 (1–2), 306–310 [in Ukrainian].

Velychko, V.O. (2023). Veterynarno-sanitarna otsinka vmistu tekhnolohichno shkidlyvykh rehovyn u molotsi ta yikh vyvedennia z orhanizmu tvaryny [Veterinary and sanitary assessment of the content of technologically harmful substances in milk and their excretion from the animal's body]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Derzhavnoho naukovo-doslidnoho kontrolnoho instytutu veterynarnykh likarskykh zasobiv ta kormovykh dobavok ta Instytutu biologii tvaryn [Scientific and technical bulletin of the State Research Control Institute of Veterinary Medicines and Feed Additives and the Institute of Animal Biology]*, 24 (2), 54–58. <https://doi.org/10.36359/scivp.2023-24-2.06> [in Ukrainian].

Zasiekin, D.A., Zakharenko, M.O., & Svyntarenko, O.I. (2000). Shliakhy otrymannia ekolohichno chystoi produktsii tvarynnytstva v rehionakh Ukrainy z vysokym rivnem vazhkykh metaliv u navkolyshnomu seredovyschi [Ways to obtain environmentally friendly livestock products in regions of Ukraine with high levels of heavy metals in the environment]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho derzhavnoho ahrarynoho universytetu. Suchasni problemy ekolohii ta hihiieny vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva [Collection of scientific papers of Vinnytsia State Agrarian University. Modern problems of ecology and hygiene of livestock production]*, 8 (1), 61 [in Ukrainian].

Zasiekin, D.A., Shabelnyk, M.M., & Tomchuk, V.A. (1995). Mihratsiia vazhkykh metaliv v orhanizm tvaryn za umov ekolohichno riznykh hospodarstv [Migration of heavy metals into the body of animals under ecologically different farming conditions]. *Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii [Materials of the scientific and practical conference]*. B. Tserkva (pp. 146–147) [in Ukrainian].

Zasiekin, D.A. (1999). Do pytannia nadkhodzhennia vazhkykh metaliv v orhanizm tvaryn [On the issue of heavy metals entering the animal body]. *Visnyk ahrarynoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*, 12, 59–61 [in Ukrainian].

Zasiekin, D.A. (2000). Vmist vazhkykh metaliv u miasi ta subproduktakh koriv z ekolohichno riznykh ferm Ukrainy [Heavy metal content in meat and by-products of cows from ecologically different farms in Ukraine]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoi akademii nauk [Scientific Bulletin of the National Academy of Sciences]*, 24, 25–28 [in Ukrainian].

Kushnir, S.O., & Onipko, A.D. (2018). Ekolohichna sytuatsiia v Ukraini: analiz problem ta finansuvannia napriamkiv yikh podolannia [Environmental situation in Ukraine: analysis of

problems and financing directions for overcoming them]. *Ekonomichnyi prostir [Economic space]*, 136, 191–201 [in Ukrainian].

Kovalchuk, I.I., & Fedoruk, R.S. (2006). Vmist окремих важких металів у молоті і тканинах корів при експериментальному навантаженні кадмієм [The content of individual heavy metals in milk and tissues of cows under experimental cadmium loading]. *Visnyk Dnipropetrovskoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of Dnipropetrovsk Agrarian University]*, 1, 58–62 [in Ukrainian].

Kravtsiv, R.Y., Salata, V.Z., & Dashkovskiy, O.O. (2001). Svynets: ekolohichni aspekty, metabolizm, antahonizm, toksychnist, likuvannia ta profilaktyka: monohrafiia [Lead: environmental aspects, metabolism, antagonism, toxicity, treatment and prevention: Monograph]. Lviv. 96 p. [in Ukrainian].

Mamenco, O.M. (2000). Ekolohichni problemy vyrobnytstva, pererobky ta zabezpechennia vysokoi yakosti produktsii tvarynnytstva [Environmental problems of production, processing and ensuring high quality of livestock products]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu. Suchasni problemy ekolohii ta hihieny vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva [Collection of scientific papers of Vinnytsia State Agrarian University. Modern problems of ecology and hygiene of livestock production]*, 8 (1), 3–8 [in Ukrainian].

Oboviazkovi minimalnyi perelik doslidzhen syrovyny, produktsii tvarynnoho ta roslynnoho pokhodzhennia, kombikormovoi syrovyny, kombikormiv, vitaminnykh preparativ ta in. yaki slid provodyty v derzhavnykh laboratoriiakh vete-rynarnoi medytsyny i za rezultatamy yakykh vydaietsia veterynarne svidotstvo (F-2). [A mandatory minimum list of tests of raw materials, products of animal and plant origin, feed raw materials, feed, vitamin preparations, etc. that should be conducted in state veterinary medicine laboratories and based on the results of which a veterinary certificate (F-2) is issued.] Derzh. dep. vet. medytsyny. Kyiv, 1998. 32 p. [in Ukrainian].

Hashemi, S. (2018). Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 154 (15), 263–267. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.058> [in English].

Jude, E., Olatayo, O., Ephriam, M., Tenimu, A., Queen, E., Godfrey, O., & Anthony, A. (2024). Carcinogenic and non-carcinogenic health risk assessment of heavy metals in the offal of animals from Felele Abattoir, Lokoja, Nigeria. *Toxicology Reports*, 13, 101701. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101701> [in English].

Liu, J., Qu, W., & Kadiiska, M. (2009). Role of oxidative stress in cadmium toxicity and carcinogenesis. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238 (3), 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.01.029> [in English].

Mulugeta, L., Setegn, K., Tilahun, B., Atnafu, G., Addis, K., & Rodrigo, R. (2022). Heavy metal contents in bovine tissues (kidney, liver and muscle) from Central Gondar Zone, Ethiopia. *Heliyon*, 8 (12), e12416. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12416> [in English].

Portiannyk, S., & Mamenco, O. (2021). Removal of toxic metals from the body of cows by using antidote substances, with its impact on milk productivity and environmental safety of agroecosystems around the industrial city in Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 4 (4), 154–177. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.040411> [in English].

Portiannyk, S., Mamenco, O., Rybalko, V., & Onyshchenko, A. (2024). Application of Effective Technological Methods for the Production of Environmentally Safe Cow's Milk. *Vet Med Zoot* 82 (2), 70–80. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15718492> [in English].

Дата першого надходження статті до видання: 11.12.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 07.01.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.03.2026

Стаття поширюється на умовах  
ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

