

## ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

УДК 63+502/636.2/637.1

**Акумуляція важких металів кадмію та плумбуму  
у внутрішніх органах і тканинах продуктивних тварин  
в умовах техногенного навантаження на агроєкосистеми**Портянник С. В.<sup>1</sup> , Маменко О. М.<sup>2</sup> ,Церенюк О. М.<sup>1</sup> , Онищенко А. О.<sup>1</sup> <sup>1</sup> Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України<sup>2</sup> Інститут тваринництва НААН УкраїниE-mail: Портянник С. В. portynnyk@i.ua; Маменко О. М. z-t\_e-y2015@meta.ua;  
Церенюк О. М. tserenyuk@gmail.com; Онищенко А. О. geroi76@ukr.net

Портянник С. В., Маменко О. М., Церенюк О. М., Онищенко А. О. Акумуляція важких металів кадмію та плумбуму у внутрішніх органах і тканинах продуктивних тварин в умовах техногенного навантаження на агроєкосистеми. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 144–155.

Portiannyk S., Mamenko O., Tserenyuk O., Onyshchenko A. Accumulation of heavy metals cadmium and lead in the internal organs and tissues of productive animals under conditions of technogenic load on agroecosystems. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 144–155.

Рукопис отримано: 20.01.2026 р.

Прийнято: 02.02.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-144-155

ISSN 2310-9289

Екологічна безпека агроєкосистем у сучасних умовах визначається як рівнем техногенним забрудненням, так і негативними наслідками воєнних дій для довкілля. В атмосферне повітря потрапляють небезпечні екотоксиканти, зокрема важкі метали – кадмій (Cd) і плумбум (Pb), які мігрують трофічними ланцюгами та потрапляють в організм дійних корів разом із кормами. Накопичуючись у різних органах і тканинах, вони порушують ендоекологічний стан організму.

Гострий експеримент проведено на дійних коровах української чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід живою масою 500–545 кг. Агробіогеоценози, в яких утримувалися тварини, розташовувалися поблизу екологічно небезпечних техногенних об'єктів. Наприкінці досліду з кожної групи було забито по три тварини, відібрано середні зразки внутрішніх органів і тканин. Хімічний аналіз вмісту важких металів здійснювали методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Метою дослідження був аналіз вмісту Cd і Pb у внутрішніх органах дійних корів за умов застосування преміксів і біопрепарату в технології виробництва екологічно безпечного молока.

Установлено, що найбільше накопичення кадмію відбувалося в нирках, м'язах, печінці, легенях, селезінці, серці та кістках. Для плумбуму характерною була інша послідовність накопичення: легені, нирки, м'язи, печінка, кістки, селезінка та серце. Найвищий акумуляційний ефект Cd спостерігався в нирках, м'язах і печінці, на які припадає 57 % загального перевищення гранично допустимих концентрацій. Основний токсичний вплив Cd спрямований на нирки та печінку, частка яких становить приблизно 38 %.

Щодо плумбуму, 69 % перевищення гранично допустимого рівня припадає на нирки, печінку, м'язи та легені, тоді як 31 % – на селезінку, кістки та серце. Pb переважно накопичується в нирках, печінці, головному мозку та кістках. Отже, найвищі концентрації Cd і Pb виявлено в нирках, печінці та легенях. Ці метали є небезпечними контамінантами, а їхній акумуляційний ефект негативно впливає на ендоекологічний стан організму дійних корів за різних типів годівлі.

Водночас установлено, що балансування раціонів спеціальними преміксами у поєднанні з ін'єкційним застосуванням біопрепарату сприяє зниженню накопичення важких металів у органах-мішенях – печінці та нирках, а також у м'язовій тканині. Це підтверджує доцільність використання антидотних речовин у технології виробництва екологічно безпечного коров'ячого молока на тваринницьких фермах.

**Ключові слова:** печінка, нирки, раціон, премікс, полютанти.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Сучасна напружена екологічна ситуація обумовлена техногенним забрудненням, міліарним негативним впливом на довкілля, неконтрольованими викидами промислових підприємств і автотранспорту, а також техногенними катастрофами, спричиненими воєнними діями. Унаслідок цього в атмосферне повітря надходять особливо небезпечні токсичні речовини, зокрема сполуки Pb, Cd, Hg та інших поліютантів.

Важкі метали, що входять до складу пестицидів (у тому числі гербіцидів і фунгіцидів), мінеральних добрив, лікарських препаратів і стимуляторів росту рослин, здатні акумулюватися в компонентах біосфери, зокрема у кормах, які є складовою раціонів продуктивних тварин. Вони також потрапляють в атмосферу з продуктами згоряння та чинять негативний вплив на стан здоров'я тварин, якість і екологічну безпеку продукції тваринництва, зокрема молока. Ці метали є небезпечними контамінантами, що характеризуються вираженою здатністю до біоаккумуляції та біомагніфікації у трофічних ланцюгах. У зв'язку з цим пріоритетним напрямом досліджень в умовах підвищеного техногенного навантаження на довкілля та сільськогосподарських тварин був і залишається моніторинг важких металів у системі «грунт – рослина (корм) – тварина – продукція (молоко, м'ясо тощо) – людина» [1].

Вчені [2], досліджуючи екологічну ситуацію в Україні, зазначають, що рівень забруднення навколишнього природного середовища важкими металами протягом останніх десятиліть істотно зріс. Особливого загострення ця проблема набула внаслідок воєнних дій. За прогнозами науковців, у післявоєнний період стан довкілля та агроєкосистеми ускладниться. За даними низки досліджень, значна кількість токсичних речовин, зокрема поліютантів важких металів, надходить в організми тварин із кормами, питною водою та аерогенним шляхом. Виведення цих речовин відбувається через травний канал, нирки, шкіру та молочну залозу.

Науковці [17] зазначають, що важкі метали здатні до біоаккумуляції в живих організмах, що сприяє їхньому включенню до харчового ланцюга та створює потенційну загрозу для здоров'я людини. Основними депо накопичення є печінка та нирки, а також м'язова і жирова тканини.

Токсичні метали, наприклад, як плумбум, миш'як, ртуть і кадмій можуть ініціювати спричинити порушення репродуктивної функції, зокрема передчасні отелення та дис-

функцію ооцитів [17]. Дослідники [10] також зазначають, що інкорпорація кадмію (Cd) та плумбуу (Pb) в організмі тварин призводить до кумулятивної токсичності, негативно впливає на функціональний стан органів і систем.

Хронічна інтоксикація важкими металами зумовлює розвиток до нефро- та гепатотоксичності, зниження резистентності організму тварин, індукцію оксидативного стресу в клітинах печінки й нирок, ушкодження ДНК та активацію канцерогенних процесів. Плумбум і кадмій характеризуються високою нефротоксичністю, що може спричинити захворювання великої рогатої худоби. Вони також акумулюються в печінці та м'язовій тканині, хоча й менш інтенсивно.

Жуйні тварини часто зазнають впливу токсичних речовин із навколишнього середовища. Менш значущим є надходження поліютантів аерогенним шляхом, однак усіх шляхів експозиції має важливе значення, зокрема для профілактики [16].

Таким чином, актуальним науковим і практичним завданням є поглиблене вивчення техногенного забруднення довкілля, що включає комплексні дослідження вмісту важких металів у ґрунті, кормах, біологічних рідинах, а також їхньої поведінки та механізмів впливу на органи і тканини тварин. Важливим напрямом є також розроблення ефективних і біологічно безпечних методів корекції їхнього впливу на обмін речовин у продуктивних тварин, зокрема створення антидотних засобів на основі екстрактів лікарських рослин.

**Метою дослідження** є визначення вмісту важких металів – кадмію (Cd) та плумбуму (Pb) – у внутрішніх органах дійних корів за умов гострого експерименту, проведеного в системі виробництва екологічно безпечного молока, при застосуванні антиоксидантних мінерально-вітамінних преміксів і біопрепарату рослинного походження за різних типів годівлі тварин.

**Матеріал і методи дослідження.** Гострий дослід проведено в господарствах Лісостепової зони України на дійних коровах української чорно- та червоно-рябої молочних порід. Для дослідження було відібрано тварин за принципом аналогів із різними типами годівлі: 36 голів – із силосно-коренеплодним, 195 – силосно-сінним, 63 – силосно-сінажним і 126 голів – силосно-сінажно-концентратним типом годівлі.

До складу раціонів входили такі корми:

- силосно-коренеплідний тип – сіно злаково-бобове, солома пшенична, силос кукурудзяний, сінаж люцерновий, буряк кормовий, дерт кукурудзяна;

- силосно-сінний – сіно люцернове, солома пшенична, силос кукурудзяний, сінаж люцерновий, буряк кормовий, дерть ячмінна;
- силосно-сінажний – сіно люцернове, сіно злаково-бобове, силос кукурудзяний, сінаж люцерновий, дерть горохова;
- силосно-сінажно-концентратний – сіно люцернове, сіно злаково-бобове, силос кукурудзяний, сінаж люцерновий, дерть кукурудзяна та горохова.

Лактуючим коровам першої (контрольної) групи згодовували основний раціон. У другій (дослідній) групі раціон додатково балансували спеціально розробленим мінерально-вітамінним преміксом «МП-А» з метою зменшення токсичного навантаження на організм. У третій (дослідній) групі, окрім застосування преміксу, проводили ін'єкційне введення рослинного біопрепарату «БП-9», виготовленого на основі екстракту дев'яти лікарських рослин, для посилення антитоксичної дії на клітинному рівні.

Жива маса тварин становила 500-545 кг. Тривалість зрівняльного періоду становила 42 дні, основного – 120 днів. Агроекосистеми, в яких утримувалися тварини та вирощувалися корми, розташовані поблизу потенційно екологічно небезпечних техногенних об'єктів, зокрема автомагістралі з інтенсивним рухом транспорту (Київ–Харків–Довжанський), а також нафтопроводів, газопроводів, газокомпресорних і автозаправних станцій.

Наприкінці досліді з кожної групи забито по три тварини, у яких відібрано середні проби внутрішніх органів і тканин. Зразки м'яса та субпродуктів (нирки, печінка, легені, серце, селезінка, кісткова тканина) відбирали за методикою (Чигринов та ін., 1998): із середньої частини органів відбирали по три точкові проби масою по 100 г, які після ретельного перемішування формували в об'єднану пробу масою 250–300 г. Визначення вмісту важких металів у зразках проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії з використанням спектрофотометра AAS-30.

Для кожної вибірки визначали середнє значення показника (M) та стандартне відхилення (SD); результати подано у вигляді  $M \pm SD$ . Статистичну вірогідність відмінностей між середніми значеннями оцінювали за критерієм  $p < 0.05$ . Обробку експериментальних даних здійснювали з використанням пакета прикладних програм STATISTICA (версія 10.0).

Для обґрунтування актуальності дослідження та обговорення отриманих результатів використано наукові оглядові й експериментальні публікації з міжнародних науко-

метричних баз даних Scopus і Web of Science Core Collection, що перебувають у вільному доступі.

Екологічний моніторинг у Лісостеповій зоні України проводиться систематично відповідно до етапів виконання науково-дослідної роботи (НДДКР), державний реєстраційний номер 0121U113933 від 18.11.2021 року.

Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до положень Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986 рік).

**Результати дослідження та обговорення.** Забій продуктивних корів на початку досліді є економічно недоцільним навіть за потреби проведення наукових досліджень. У зв'язку з цим ухвалено рішення здійснювати забій тварин наприкінці експерименту з подальшим проведенням порівняльного аналізу досліджуваних показників.

Після завершення 120-добового дослідного періоду з кожної піддослідної групи було відібрано та забито максимально можливої кількості тварин для достовірної оцінки змін, що відбуваються у внутрішніх органах і тканинах за умов застосування мінерально-вітамінного преміксу «МП-А» та ін'єкцій фітобіопрепарату «БП-9». Такий підхід дав змогу оцінити особливості токсичної дії важких металів, їхні ендоекологічні ефекти, а також ефективність застосованих ентеросорбентів щодо зниження їхнього негативного впливу на організм тварин.

Після забою піддослідних тварин усі внутрішні органи підлягали ретельному ветеринарно-санітарному огляду лікарем м'ясопереробного підприємства з наданням відповідної експертної оцінки. У процесі дослідження не виявлено патологічних змін або відхилень за морфологічними ознаками, зокрема формою, кольором і консистенцією органів. Печінка характеризувалася типовим забарвленням, пружною консистенцією та відсутністю сторонніх запахів. Нирки мали характерну часточкову будову, типовий колір і чітко виражену межу між кірковою та мозковою речовинами. Селезінка відзначалася специфічним кольором, помірною щільністю та зернистістю на розрізі. Легені були без ознак уражень і запальних процесів. Отримані результати свідчать про відсутність видимих морфологічних змін, що дало змогу, без урахування результатів хімічного аналізу на вміст токсикантів, використовувати внутрішні органи для подальшої переробки як субпродукти.

Вміст важких металів у печінці, нирках, м'язовій тканині, кістках, селезінці, серці та легенях тварин є одним із ключових показників, що свідчить про надходження політантів до організму. Цей показник також відображає потенційну небезпеку використання кормів, контамінованих ксенобіотиками, отриманих із рослин, вирощених на забруднених ґрунтах.

За результатами лабораторних досліджень встановлено, що застосування мінерально-вітамінного преміксу та введення біопрепарату лактуючим коровам протягом усього періоду експерименту зумовило перерозподіл вмісту кадмію (Cd) та свинцю (Pb) у різних органах і тканинах організму тварин.

Результати гострого експерименту та лабораторного аналізу м'язової тканини і внутрішніх органів на вміст кадмію (Cd) і свинцю (Pb) свідчать про те, що вплив політантів поширюється не лише на молоко, а й на тканини організму, передусім на внутрішні органи, які безпосередньо беруть участь у процесах детоксикації та виведення ксенобіотиків.

Надходження Cd і Pb до організму корів із кормами через шлунково-кишковий тракт та їхній подальший транспортування із кров'ю сприяли накопиченню в м'язовій тканині та внутрішніх органах. Унаслідок цього в тварин контрольних за всіх типів встановлено перевищення гранично допустимих концентрацій. Зокрема перевищення ГДК кадмію становило:

- у м'язовій тканині – у 2,8; 2,5; 2,3 та 1,9 разів відповідно до силосно-коренеплодного,

силосно-сінного, силосно-сінажного та силосно-сінажно-концентратного типів годівлі;

- у нирках – 3,2; 3,0; 2,6 та 2,3 разів;
- у печінці – 2,5; 2,3; 2,3 та 2,0 разів;
- у селезінці – 1,6; 1,5; 1,3 та 1,2 разів;
- у легенях – 1,7; 1,5; 1,3 та 1,1 разів;
- у серці – 1,5; 1,4; 1,3 та 1,1 разів;
- у кістковій тканині – 1,4; 1,4; 1,3 та 1,2 разів відповідно.

Перевищення ГДК свинцю було ще більш вираженим і становило:

- у м'язовій тканині – 3,4; 2,9; 2,5 та 2,2 разів;
- у нирках – 4,5; 4,4; 4,0 та 3,5 разів;
- у печінці – 3,1; 2,9; 2,8 та 2,7 разів;
- у селезінці – 2,5; 2,5; 2,1 та 1,7 разів;
- у легенях – 4,6; 4,1; 3,7 та 3,0 разів;
- у серці – 1,9; 1,8; 1,6 та 1,4 разів;
- у кістковій тканині – 2,8; 2,5; 2,5 та 2,1 разів відповідно.

Отримані результати свідчать про значну акумуляцію важких металів у тканинах організму корів, особливо в органах-мішенях детоксикації, а також про залежність рівня їхнього накопичення від типу годівлі.

Найбільше накопичення важких металів спостерігалось у таких органах і тканинах (у порядку спадання): для кадмію (Cd) – нирки, м'язи, печінка, легені, селезінка, серце та кісткова тканина (рис. 1); для свинцю (Pb) – легені, нирки, м'язова тканина, печінка, кісткова тканина, селезінка та серце (рис. 2).

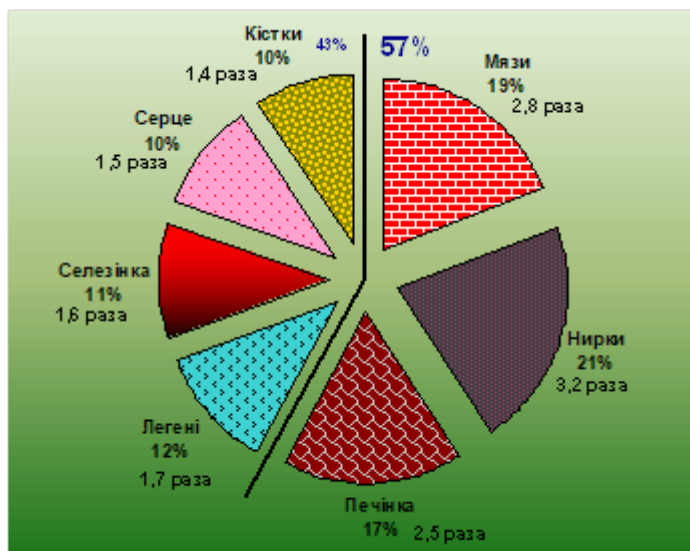


Рис. 1. Найбільше накопичення (акумуляція) Cd у внутрішніх органах і тканинах корів I і II груп із максимальним перевищенням встановлених гранично допустимих концентрацій.

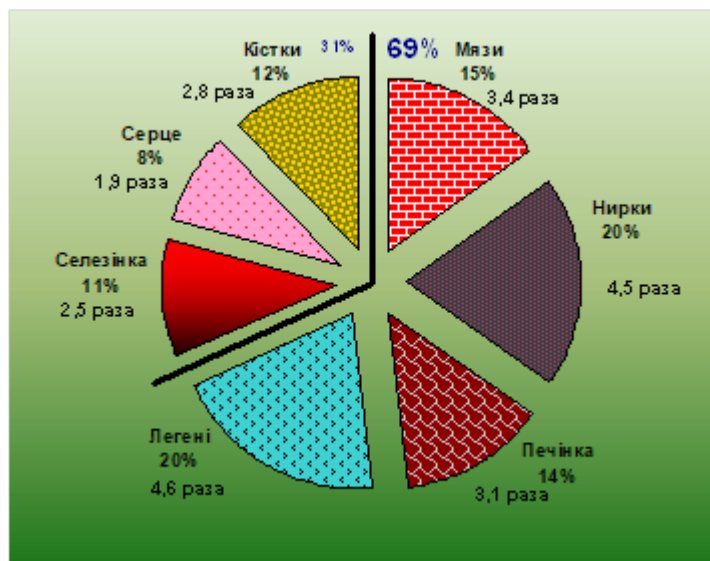


Рис. 2. Найбільше накопичення (акумуляція) Рb у внутрішніх органах і тканинах корів I і II груп із максимальним перевищенням установлених гранично допустимих концентрацій.

Найбільший акумуляційний ефект щодо кадмію спостерігався у нирках, м'язовій тканині та печінці, на які припадає 57 % від загального перевищення гранично допустимої концентрації (рис. 1). У легенях, селезінці, серці та кістковій тканині розподіл кадмію є відносно рівномірним, що свідчить про виражений ендоекологічний вплив цього елемента практично на всі органи і тканини організму продуктивних тварин. Така акумуляція може зумовлювати прояв канцерогенних, тератогенних та інших токсичних ефектів кадмію, що негативно позначається на стані здоров'я корів, їхній продуктивності, а також на якості й екологічній безпечності молока.

Відомо, що кадмій найбільш інтенсивно накопичується в печінці, нирках, волосяному покриві, селезінці та легенях. За результатами наших досліджень встановлено, що значна частина кадмію, який зв'язується з альбуміновою фракцією крові, стає доступною для транспортування до різних органів і тканин. М'язова тканина також здатна акумулювати цей елемент у небезпечних концентраціях, при цьому рівень його накопичення у м'язах посідає друге місце після нирок. Основне токсичне навантаження кадмію припадає на нирки та печінку, що в сукупності становить приблизно 38 %. Інтенсивна акумуляція кадмію в м'язовій тканині дійних корів потребує подальшого поглибленого вивчення.

Аналогічна ситуація спостерігалася і щодо вмісту плумбуму (Pb). Близько 69 %

перевищення гранично допустимої концентрації Рb припадало на нирки, печінку, м'язову тканину та легені, тоді як решта 31 % – на селезінку, кісткову тканину та серце. Значне перевищення вмісту плумбуму в легеневій тканині свідчить про підвищене надходження цього елемента з атмосферним повітрям, що зумовлює його поступове накопичення в легенях тварин протягом тривалого періоду онтогенезу.

Розташування агроєкосистем поблизу автомагістралей, газоконденсатних станцій та автогазонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС), де спостерігається інтенсивний рух транспорту, є антропогенно-техногенним фактором, який сприяє підвищенню вмісту Рb у легеневій тканині продуктивних корів.

Відомо, що плумбум інтенсивно накопичується в нирках, печінці, головному мозку, кістковій тканині, волосяному покриві та молоці. За результатами досліджень встановлено, що акумуляція Рb у нирках і печінці становила 34 %, тоді як його вміст у кістковій тканині був на 2 % вищим, ніж кадмію. У м'язовій тканині рівень накопичення плумбуму був на 4 % нижчим порівняно з кадмієм.

Таким чином, плумбум, як і кадмій, є небезпечним контамінантом із вираженою здатністю до біоакумуляції, що може істотно впливати на ендоекологічний стан організму тварин.

У таблиці 1 наведено порядок розподілу органів і тканин за рівнем накопичення

важких металів у корів контрольних груп відповідно до фактичного вмісту поллютантів. Найвищі концентрації кадмію (Cd) та плумбуму (Pb) виявлено в нирках, печінці та легенях. Найнижчий вміст кадмію та міді встановлено у м'язовій тканині; при цьому вона також характеризувалася відносно невисоким рівнем цинку. Водночас саме м'язова тканина містила найбільшу кількість плумбуму, що є потенційно небезпечним, оскільки м'ясна продукція, на відміну від субпродуктів, частіше надходить у реалізацію або використовується як сировина для виготовлення м'ясних виробів.

З огляду на незначний вихід субпродуктів порівняно з м'язовою тканиною, їх доцільно спрямовувати переробку, зокрема на виготовлення м'ясо-кісткового борошна, що дасть змогу мінімізувати ризик потенційно контамінованої продукції до харчового ланцюга людини.

Таким чином, такі внутрішні органи, як нирки та печінка, є органами-мішенями щодо ураження небезпечними екотоксикантами, зокрема важкими металами. Легені, селезінка, серце та м'язова тканина також здатні акумулювати значні кількості токсикантів, що може істотно порушувати гомеостаз організму продуктивних тварин, які перебувають в умовах впливу техногенних факторів агроєкосистеми.

Отримані нами результати досліджень узгоджуються з даними інших науковців [3–8, 11, 15–16], які вказують, що нирки та печінка є органами-мішенями ураження важкими металами. Водночас легені, селезінка, серце та м'язова тканина також здатні акумулювати значну кількість токсикантів, що негативно впливає на ендоекологічний стан і гомеостаз організму

та потребує подальшого вивчення. Зокрема, дослідники [6], працюючи в умовах експерименту на бугайцях української чорно-рябої молочної породи, встановили, що використання експериментального силосу з пайзи у раціонах відгодівлі спричиняло погіршення екологічної якості продукції: вміст кадмію у м'язовій тканині тварин дослідної групи перевищував контрольні показники на 5,4 %. У той же час застосування сапоніту як адсорбента у годівлі молодняку свиней мало позитивний ефект – рівень накопичення кадмію у м'язовій тканині тварин дослідних груп був нижчим на 21,8–37,9 % порівняно з контролем [6].

Науковці [15] також установили перевищення нормативних показників вмісту кадмію у найдовшому м'язі спини у 1,40–1,44 раза. Водночас коригування раціону шляхом зміни складу зерноsumіші (60% зерна кукурудзи та 10 % ГМ-сої) сприяло зниженню накопичення важких металів у м'язовій тканині та печінці: для плумбуму – на 17,5 %, для кадмію на 2,8–16,9 %, для купруму на 4,2–52,9 % відповідно [15].

В умовах нашого експерименту введення до складу преміксу молібдену та сірки у формі молібдату амонію (Mo) і кормової сірки (S) ґрунтувалося на їхній антагоністичній взаємодії з міддю. У рубці жуйних тварин ці елементи здатні утворювати нерозчинні комплекси, зокрема тіомолібдат міді (CuMoS<sub>4</sub>), який виводиться з організму з екскрементами. Формування таких сполук відбувається за умов порушення співвідношення Cu:Mo та підвищеного рівня сульфідів у процесі рубцевої ферментації, що є необхідною передумовою утворення нерозчинних комплексів і буде враховано при розробці преміксу та біопрепарату.

Таблиця 1 – Порядок розподілу органів і тканин корів контрольної групи 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	

У рубці сульфати, сульфіти та сірковмісні амінокислоти перетворюються на сульфідну кислоту ( $H_2S$ ), яка здатна взаємодіяти з іонами металів, зокрема міді та молібдену. Антитоксичну дію преміксу було підсилено підшкірним уведенням фітобіопрепарату «БП-9» завдяки вмісту в ньому хелатних сполук і біологічно активних органічних речовин, здатних зв'язувати іони металів із утворенням органо-мінеральних комплексів.

Зв'язування полівалентних іонів металів відбувається за участю аміногруп, карбоксильних і гідроксильно-фенольних груп, тоді як взаємодія з одновалентними іонами металів забезпечується наявністю в структурі іонофорів поліефірних і дице тонних фрагментів. Біологічний ефект хелатів та іонофорів визначається співвідношенням сили їхнього зв'язування з іонами металів порівняно з біологічними лігандами організму; у випадку більш міцного зв'язування метал стає біологічно недоступним.

Сульфідні групи білкових структур характеризуються високою спорідненістю до утворення хелатних комплексів із важкими металами, зокрема кадмієм і плумбумом. Враховуючи ці антидотні властивості, до складу фітобіопрепарату було включено лікарські рослини, серед яких елеутерокок колючий (*Eleutherococcus senticosus*, *Acanthopanax senticosus*). За даними вітчизняних і зарубіжних дослідників, у тому числі за результатами наших досліджень, ця рослина проявляє виражену протекторну дію щодо виведення поллютантів, зокрема кадмію та плумбуму, з м'язової тканини та внутрішніх органів.

Біологічна активність елеутерококу зумовлена наявністю комплексу біологічно активних речовин, зокрема полісахаридів (з карбоксильними групами), гетерогліканів (елеутеранів), що проявляють імуностимульовальну дію, а також елеутерозидів А-Г (глікозиди кумаринової природи, сиригарезинол тощо) і елеутерозидів І-М (сапоніни), які забезпечують адаптогенний і детоксикаційний ефекти.

Оскільки відбір тварин у піддослідні групи здійснювали за методом пар-аналогів, що підтверджено результатами аналізу продуктивності корів, якості молока, морфологічних і біохімічних показників крові та сечі [14], можна обґрунтовано стверджувати, що застосування преміксу та біопрепарату сприяло суттєвому зниженню токсичних поллютантів (Cd, Pb) у м'язовій тканині, нирках, печінці, селезінці, легеневій тканині, серці та кістках.

У корів, які отримували силосно-коренеплодний раціон, найбільше зниження концен-

трації Cd відмічено в нирках: у II дослідній групі – у 2,5 раза, у III – у 3,6 раза порівняно з I контрольною групою. Зокрема, вміст Cd зменшився з 0,140 мг/кг у контрольній групі до 0,047 мг/кг у II і 0,043 мг/кг у III дослідних групах відповідно ( $p < 0,001$ ). Водночас у II дослідній групі протягом 120-денного періоду застосування лише мінерально-вітамінного преміксу «МП-А» не забезпечило зниження концентрації Cd до гранично допустимого рівня. В інших досліджуваних органах і тканинах у II і III групах вміст Cd перебував у межах норми.

Згодовування преміксу сприяло зниженню вмісту Cd у м'язовій тканині корів II та III груп на 66,4–69,2 % порівняно з контролем, що свідчить про перспективність використання запропонованих технологічних підходів у поєднанні з антидотними речовинами для виробництва екологічно безпечної яловичини. Зниження вмісту Cd також зафіксовано в печінці, селезінці, легенях, серці та кістковій тканині, що підтверджує позитивний вплив протиекотоксичних компонентів преміксу «МП-А» і біопрепарату «БП-9» на ендоекологічний стан організму тварин та відновлення гомеостазу. Суттєвих відмінностей між II та III групами щодо зниження Cd у легеневій, серцевій і м'язовій тканинах не виявлено, однак кращі показники спостерігалися у тварини III дослідної групи ( $p < 0,001$ ).

Отримані результати свідчать, що основне токсичне навантаження кадмію припадає на нирки та печінку. У зв'язку з цим застосування підшкірних ін'єкцій біопрепарату є доцільним для зменшення інтоксикації органів. Відсутність такого втручання може призводити до розвитку дегенеративних змін, зокрема ураження нефронів нирок і гепатоцитів печінки, а також підвищення ризику онкопатологій.

Виявлені на початку досліду ознаки протейнурії у тварин контрольної групи свідчили про порушення функціонального стану нирок і печінки, що обґрунтовує необхідність розробки та застосування біологічно активного фітобіопрепарату «БП-9», ефективність якого підтверджена отриманими наприкінці експерименту результатами.

За інших типів годівлі корів, які перебували в аналогічних екологічних умовах, але зазнавали різного рівня навантаження екоотоксикантами в агроєкосистемах, встановлено таку ж тенденцію, що свідчить про обґрунтованість підбору інгредієнтів преміксу та препарату.

Найбільш виражене зниження вмісту кадмію зафіксовано у корів II і III дослідних груп, зокрема у м'язовій тканині (у 4,0–4,5 раза), нирках (у 3,4–4,2 раза) та печінці (у 1,9–2,7 раза). Водночас у корів із силосно-сінним типом годівлі основного токсичного навантаження зазнавала не ниркова тканина (як це спостерігалось за силосно-коренеплодного раціону), а печінка. У II дослідній групі під впливом преміксу відбулося зниження вмісту Cd у печінці, однак його рівень не досяг граничного допустимої концентрації.

Виявлені відмінності зумовлені особливостями типу годівлі. Зокрема, тварини, які отримували силосно-коренеплідний раціон, споживали більшу кількість соковитих кормів, тоді як за силосно-сінного типу годівлі переважали грубі корми. Високий вміст лігніфікованої клітковини сприяв зниженню засвоєння та відкладення в організмі мікроелементів, зокрема цинку і міді, що підтверджується зменшенням їхньої концентрації у крові, внутрішніх органах і субпродуктах [13].

Відомо, що цинк є антагоністом кадмію, тому зниження його вмісту в організмі призводить посилення токсичного навантаження Cd, насамперед на печінку, що й обумовило перевищення гранично допустимого рівня цього елемента. Разом із тим, застосування преміксу та біопрепарату забезпечило стійку тенденцію до зниження вмісту поллютанта у внутрішніх органах і тканинах навіть за силосно-сінного типу годівлі, що підтверджує їхню ефективність у різних умовах годівлі.

Премікс і біопрепарат проявили найбільш виражений антиоксидантний ефект у корів із силосно-сінажним і силосно-сінажно-концентратним типами годівлі. У II і III дослідних групах досягнуто максимального зниження вмісту кадмію, при цьому концентрації Cd у відібраних зразках відповідали гранично допустимим нормам як у II, так і у III групах ( $p < 0,001$ ).

Найбільш інтенсивне зниження Cd у м'язовій тканині спостерігалось саме у тварин із силосно-сінажним і силосно-сінажно-концентратним раціонами порівняно з іншими типами годівлі. Зокрема, рівень кадмію зменшився у 4,6–5,5 раза за силосно-сінажного типу годівлі та у 4,1–5,5 раза – за силосно-сінажно-концентратного. Для порівняння, у корів із силосно-коренеплідним раціоном зниження становило 3,0–3,3 раза, а за силосно-сінного типу – 4,0–4,5 раза.

Отримані результати свідчать про вищу ефективність застосування біопрепарату в умовах раціонів із включенням сінажу та

концентрованих кормів, що, ймовірно, пов'язано з кращою збалансованістю поживних речовин і мікроелементного складу таких раціонів, а також підвищеною біодоступністю компонентів антиоксидантної дії.

Встановлено значне зниження вмісту кадмію в нирках у корів за різних типів годівлі. Зокрема, у тварин із силосно-сінажним раціоном концентрація Cd зменшилася у 3,2–3,8 раза, а за силосно-сінажно-концентратного типу – у 3,2–4,1 раза. Для порівняння, у корів із силосно-коренеплідним раціоном зниження становило 2,5–3,6 раза, а за силосно-сінного – 3,4–4,2 раза.

Суттєвих відмінностей між II та III дослідними групами щодо вмісту кадмію у м'язовій тканині, печінці, селезінці, легенях, серці та кістковій тканині корів за силосно-сінажного і силосно-сінажно-концентратного типів годівлі не встановлено. З огляду на отримані результати доцільним є застосування розроблених технологічних підходів, що передбачають згодовування антиоксидантного преміксу «МП-А» у поєднанні з ін'єкційним введенням біопрепарату «БП-9» дійним коровам за силосно-сінажного та силосно-сінажно-концентратного типів годівлі. Ефективність такого підходу підтверджується достовірним зниженням вмісту токсичних важких металів в організмі тварин.

Кальцій, залізо, магній, фосфати, етанол і жири здатні знижувати всмоктування плюмбуму (Pb) у шлунково-кишковому тракті. У зв'язку з цим до складу преміксу та біопрепарату було введено дикальційфосфат і спалену магnezію; вміст заліза в раціонах усіх тварин був достатнім, дефіциту сирого жиру не відмічалось, а нестача кальцію спостерігалась лише у корів із силосно-коренеплідним раціоном. Введення зазначених компонентів сприяло конкуренції металів за місця зв'язування та перенесення в епітеліальній тканині кишечника.

Усмоктування свинцю в організмі тварин залежить від його концентрації в раціоні та хімічної форми. Найбільш інтенсивно Pb абсорбується у вигляді ацетату, хлориду, оксиду та тетраетилсвинцю, тоді як хромати, сульфідиди, сульфати й карбонати є менш розчинними і, відповідно, менш доступними для всмоктування. З метою підвищення утворення малорозчинних форм свинцю до складу преміксу було включено сірчаноокислий натрій, що забезпечило нормалізацію сіркового обміну та сприяло утворенню сульфідів і сульфатів Pb.

Частина свинцю, що надходить із кормом, може трансформуватися в хлориди та

комплекси з жовчними кислотами, які активно всмоктуються. Жовч, у свою чергу, стимулює транспорт Pb через епітелій кишківника. Відсутність застосування біопрепарату «БП-9» у II дослідній групі сприяла більшій акумуляції свинцю у внутрішніх органах і тканинах.

Зокрема, у м'язовій тканині корів із силосно-коренеплідним раціоном вміст Pb становив 0,483 мг/кг, із силосно-сінним – 0,475, силосно-сінажним – 0,43 і силосно-сінажно-концентратним – 0,373 мг/кг, що достовірно нижче порівняно з контрольною групою ( $p < 0,001$ ) і перебуває в межах гранично допустимих норм. У III-х дослідних групах введення біопрепарату, що містить екстракт барбарису звичайного, який проявляє жовчогінні властивості (завдяки вмісту берберину та бербаміну), сприяло активізації секреції жовчі, посиленню транспорту Pb через кишковий епітелій, швидкому його надходженню в кров і подальшому виведенню через печінку та нирки без значної акумуляції.

У середньому вміст свинцю в органах і тканинах корів знизився у 1,3–5,8 раза за силосно-коренеплідного раціону, у 3,1–6,0 раза – за силосно-сінного, у 2,9–6,5 раза – за силосно-сінажного та у 2,7–8,3 раза – за силосно-сінажно-концентратного типу годівлі ( $p < 0,001$ ). Інтенсивність виведення Pb з організму корів мала тісну кореляційну залежність із його вмістом у раціоні. Найвищу концентрацію свинцю виявлено у тварин із силосно-коренеплідним раціоном, дещо нижчу – за силосно-сінного, ще нижчу – за силосно-сінажного, а найменшу – за силосно-сінажно-концентратного типу годівлі.

Зменшення вмісту Pb в органах і тканинах зумовлене типом годівлі, який сприяв активнішому виведенню поллютанта: у середньому на 66–86,4 % у корів із силосно-сінажним та на 63,1–88 % – із силосно-сінажно-концентратним раціоном ( $p < 0,001$ ). Це має важливе значення, оскільки в більшості досліджень вдається знизити рівень токсиканта лише в окремих органах, тоді як він накопичується в інших. У цьому випадку спостерігалось рівномірне й суттєве зменшення концентрації Pb у м'язовій тканині, нирках, печінці, селезінці, серці, легенях і кістках, що є надзвичайно важливим для технології виробництва екологічно безпечної тваринницької продукції.

Свинець (Pb) є специфічним поллютантом, небезпека якого полягає у його значному надходженні до навколишнього середовища з викидами автотранспорту та іншими технологічними джерелами. У легені Pb потрапляє

разом із дрібнодисперсними аерозольними частинками розміром менше 0,5 мкм. Більш крупні частинки видаляються війчастим епітелієм дихальних шляхів, тоді як частина аерозолів поглинається легеневидами макрофагами. Результати лабораторного аналізу легеневої тканини підтвердили ймовірність інгаляційного надходження свинцю з атмосферного повітря.

Застосування лише мінерально-вітамінного преміксу не дало змоги досягти зниження концентрації Pb до рівня гранично допустимих концентрацій у жодній із піддослідних груп. Однак згодовування дійним коровам преміксу «МП-А» без застосування біопрепарату забезпечило стійку тенденцію до зменшення накопичення екотоксиканта за всіх типів годівлі ( $p < 0,001$ ). Подовження тривалості досліду на 3–4 місяці сприяло подальшому зниженню вмісту Pb у легенях, що свідчить про відновлення гомеостаз організму внаслідок тривалого застосування преміксу у технології виробництва молока.

Додавання до годівлі біопрепарату на основі екстракту лікарських трав стимулювало діяльність кровоносної, нервової, ендокринної та інших систем, що посилювало кровопостачання легень і пришвидшувало виведення свинцю. Інтенсивність детоксикації становила 71,6–80,7 % у тварин із силосно-коренеплідним раціоном, 70,7–83,3 % – із силосно-сінним, 67,7–86,4 % – із силосно-сінажним і 63,1–88,0 % – із силосно-сінажно-концентратним раціоном порівняно з контрольними групами ( $p < 0,001$ ). Такі результати підтверджують ефективність комплексного підходу до зменшення вмісту свинцю в організмі корів шляхом корекції типу годівлі та використання природних біологічних добавок.

Вчені з Нігерії [9] здійснили оцінку канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я людини, пов'язаного з вмістом важких металів у субпродуктах тварин, отриманих на бійні Фелеле (м. Локоджа, штат Когі, Нігерія). У місті Локоджа протягом тривалого часу спостерігається зростання попиту на м'ясну продукцію, що супроводжується щоденним збільшенням обсягів забою великої рогатої худоби, овець і кіз.

Протягом шести тижнів дослідники відбирали середні проби масою 100 г нирок, печінки та м'язової тканини, які надалі аналізувалися в лабораторних умовах. Було визначено середні концентрації важких металів (Al, Cd, Cr, Ni та Pb) у досліджуваних тканинах корів, кіз і овець. Установлено, що концентра-

ція Al досягала 42,4, Cd – 0,34–0,95, Cr – до 1,68, Ni – 0,42–9,22, Pb – до 1,49. Виявлено, що рівень Al у всіх досліджених внутрішніх органах перевищував максимально допустиму концентрацію (1,0 мг/кг). Концентрація Cd у м'язовій тканині перевищувала нормативне значення (0,05 мг/кг), встановлене регуляторними органами, а також була підвищеною у печінці кіз. Рівень Ni у всіх зразках внутрішніх органів гранично допустимі показники.

За винятком нирок корів, концентрація Cr у досліджених тканинах залишалася нижчою за допустимий рівень (1,0 мг/кг). Водночас середній вміст Pb у м'язовій тканині та печінці перевищував допустимі межі (0,1 мг/кг та 0,2 мг/кг відповідно), встановлені ВООЗ, тоді як у нирках кіз і печінці овець ці показники перебували в межах норми.

Отримані результати свідчать про потенційний канцерогенний ризик для споживачів у випадку регулярного вживання субпродуктів і м'яса досліджених тварин. У зв'язку з цим автори наголошують на необхідності постійного моніторингу вмісту важких металів у продукції тваринного походження, а також підвищення обізнаності виробників щодо цієї проблеми. Запровадження системного контролю якості кормів і умов утримання тварин, на думку дослідників, сприятиме зменшенню накопичення важких металів у тканинах тварин та забезпеченню виробництва екологічно безпечної продукції.

Інші дослідники з Ефіопії [12] також вивчали вплив важких металів у органах і тканинах великої рогатої худоби (нирки, печінка, м'язова тканина) з Центральної зони Гондар. Ефіопія має найбільше поголів'я худоби в Африці, що забезпечує близько 12–16 % валового внутрішнього продукту країни.

У межах дослідження було зібрано та проаналізовано 90 зразків органів і тканин великої рогатої худоби. Зокрема, 45 свіжих зразків м'язової тканини, печінки та нирок масою приблизно по 50 грамів було відібрано від 15 тварин на бійні міста Гондар. Досліджувана худоба походила з різних округів, які зазнавали впливу різних техногенних джерел забруднення довкілля. Середні концентрації чотирьох досліджуваних металів варіювалися в таких межах: 1,5–11,5 мг/кг для Cu; до 1,05 мг/кг для Cr; 0,42–1,5 для Pb; та до 0,41 мг/кг для Cd. Найвища середня концентрація була зафіксована для Cu (11,50±0,53 мг/кг у зразках печінки), тоді як найнижча – для Cd (0,060±0,004 мг/кг у м'язовій тканині).

Загалом печінка характеризувалася найвищими концентраціями досліджуваних поллютантів порівняно з нирками та м'язами, за винятком Cd, для якого максимальні рівні були виявлені в нирках ( $p < 0,05$ ). Таким чином, усі чотири метали були виявлені в різних концентраційних діапазонах у всіх типах досліджених тканин.

Установлено, що рівні важких металів у більшості зразків тканин перевищували відповідні максимально допустимі межі, визначені FAO/ВООЗ, що підкреслює необхідність упровадження систематичного моніторингу екологічної безпеки харчових продуктів у регіоні. Дослідники також здійснили класифікацію зразків тканин за вмістом важких металів. Виявлено чітку диференціацію накопичення токсикантів між різними типами тканин, що має важливе значення для подальших досліджень. Печінка визначена як основний орган-мішень для біоаккумуляції більшості важких металів, тоді як нирки, у яких зафіксовано найвищі рівні кадмію, виступають основним органом його накопичення. Ці результати узгоджуються з даними інших досліджень.

Отримані результати підкреслюють важливість застосування хеометричних методів аналізу для профілювання вмісту металів у різних органах і тканинах великої рогатої худоби. Це сприяє надійній автентифікації їхнього походження та забезпеченню зростаючих вимог до безпеки харчових продуктів.

Дослідження науковців демонструє важливість хеометричних методів аналізу в профілюванні вмісту металів у різних органах і тканинах великої рогатої худоби для забезпечення надійної автентифікації органів і тканин на основі їхнього походження, тим самим забезпечуючи зростаючий попит на безпеку харчових продуктів у регіоні.

Отже, дослідження процесів акумуляції важких металів у внутрішніх органах і тканинах сільськогосподарських тварин є актуальним напрямом, що привертає увагу багатьох науковців як в Україні, так і за її межами, особливо в умовах напруженої екологічної ситуації.

Установлено, що застосування у годівлі дійних корів спеціалізованих антиоксидантних мінерально-вітамінних преміксів, адаптованих до фактичних раціонів годівлі різних типів, у поєднанні з ін'єкційним введенням біопрепаратів на основі екстрактів лікарських рослин, сприяє корекції процесів акумуляції небезпечних поллютантів, зокрема кадмію та плюмбуму, у внутрішніх органах і тканинах.

Такі підходи забезпечують нормалізацію ендекологічного стану організму, посилення екскреції ксенобіотиків і загальне покращення фізіологічного стану тварин. У результаті це позитивно впливає на якість і безпечність молочної продукції, зокрема сприяє отриманню екологічно безпечного молока.

**Висновки.** Кадмій і плумбум належать до небезпечних контамінантів, що характеризуються вираженою здатністю до біоаккумуляції, яка негативно впливає на ендекологічний стан організму дійних корів за різних типів годівлі. Це підтверджено результатами гострих дослідів на тваринах контрольних груп. Добалансування основних раціонів годівлі дослідних груп продуктивних тварин із використанням спеціалізованих мінерально-вітамінних преміксів у поєднанні з ін'єкційним уведенням біопрепарату сприяє зниженню рівня накопичення екотоксикантів у внутрішніх органах-мішенях, зокрема печінці та нирках, які зазнають основного токсичного навантаження, а також у м'язовій тканині.

Отримані результати свідчать про позитивну роль розроблених антитоксичних засобів у технологічному процесі виробництва екологічно безпечного коров'ячого молока на скотарських фермах. Найбільш виражений антитоксичний ефект щодо зменшення акумуляції важких металів встановлено у корів, які утримувалися на силосно-сінажному та силосно-сінажно-концентратному типах раціону.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення процесів акумуляції важких металів у легеневій і м'язовій тканинах, селезінці, а також інших внутрішніх органах і тканинах, які можуть слугувати індикаторами забруднення агроєкосистем небезпечними екотоксикантами техногенного або мілітарного походження.

## REFERENCES

1. Velichko, V.O. (2023). Veterinary and sanitary assessment of the content of technologically harmful substances in milk and their excretion from the animal's body. Scientific and technical bulletin of the State Research Control Institute of Veterinary Medicines and Feed Additives and the Institute of Animal Biology. 24 (2), pp. 54–58. DOI:10.36359/scivp.2023-24-2.06 (In Ukrainian).
2. Kushnir, S.O., Onipko, A.D. (2018). Ecological situation in Ukraine: analysis of problems and financing of directions for their overcoming. Economic space, no. 136, pp. 191–201. Available at: <https://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/295> (In Ukrainian).
3. Mamenko, O.M., Portyannik, S.V. (2017). Toxic effect of heavy metals on organs, tissues and cells of dairy cows and possibilities of enhancing their elimination from the body. Problems of zoengineering and veterinary medicine: collection of scientific works of the KhDZVA. Kharkiv, Issue 33, Part 1, pp. 254–275. Available at: <https://drive.google.com/file/d/1FR12tNEDXcypMaKjR9XsrBMO15ZN8tel/view?pli=1> (In Ukrainian).
4. Savchuk, I. (2021). Safety of livestock products of bulls on different diets during fattening under conditions of radioactive contamination. Regulatory mechanisms in biosystems. 12 (1), pp. 86–91. DOI:10.15421/022113 (In Ukrainian).
5. Savchenko, Y.I., Savchuk, I.M., Savchenko, M.G. (2016). Concentration of Pb and Cd in pork when using different grain mixtures in diets. Bulletin of Agricultural Science. Livestock, Veterinary Medicine, pp. 21–24. Available at: [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2016\\_05\\_04.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2016_05_04.pdf) (In Ukrainian).
6. Savchuk, I.M., Kovaleva, S.P., Yashchuk, I.V. (2023). The influence of different types of diets and sorbents on the accumulation of Cd in the muscle tissue of young cattle and pigs. Collection of scientific papers "Technology of production and processing of livestock products", no. 2, pp. 40–50. Available at: [http://ir.Polis-siauniver.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/15512/3/TVTPPT\\_2023\\_2\\_40-50.pdf](http://ir.Polis-siauniver.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/15512/3/TVTPPT_2023_2_40-50.pdf) (In Ukrainian).
7. Akar, Y., Ahmad, N., Khalid, M. (2018). The effect of cadmium on the bovine in vitro oocyte maturation and early embryo development. International Journal of Veterinary Science and Medicine, 6, pp. 73–77. DOI:10.1016/j.ijvsm.2018.03.001
8. Chałabis-Mazurek, A., Valverde Piedra, J.L., Muszyński, S., Tomaszewska, E., Szymańczyk, S., Kowalik, S., Arciszewski, M.B., Zacharko-Siem-bida, A., Schwarz, T. (2021). The Concentration of Selected Heavy Metals in Muscles, Liver and Kidneys of Pigs Fed Standard Diets and Diets Containing 60 % of New Rye Varieties. Animals, 11, 1377 p. DOI:10.3390/ani11051377
9. Emurotu, J.E., Olawale, O., Dallatu, E.M., Abubakar, T.A., Umudi, Q.E., Encogwe, G.O., Atumeyi, A. (2024). Carcinogenic and non-carcinogenic health risk assessment of heavy metals in the offal of animals from Felele Abattoir, Lokoja, Nigeria. Toxicology Reports, Vol. 13. DOI:10.1016/j.toxrep.2024.101701
10. 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), pp. 263–267. DOI:10.1016/j.ecoenv.2018.02.058
11. Hejna, M., Gottardo, D., Baldi, A., Dell'Orto, V., Cheli, F., Zaninelli, M., Rossi, L. (2018). Review: Nutritional ecology of heavy metals. Animal, Vol. 12, Issue 10, pp. 2156–2170. DOI:10.1017/S175173111700355X
12. Akele, M.L., Desalegn, S.K., Asfaw, T.B., Assefa, A.G., Alemu, A.K., Rocha de Oliveira, R. (2022). Heavy metal contents in bovine tissues (kidney, liver and muscle) from Central Gondar Zone, Ethiopia. Heliyon, Vol. 8, Issue 12. DOI:10.1016/j.heliyon.2022.e12416

13. Portiannyk, S., Mamenko, 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), pp. 154–177. DOI:10.33002/nr2581.6853.040411

14. Portiannyk, S., Mamenko, O., Rybalko, V., Onyshchenko, A. (2024). Application of Effective Technological Methods for the Production of Environmentally Safe Cow's Milk. *Vet Med Zoot.*, 82, no. 2, pp. 70–80. DOI:10.5281/zenodo.15718492

15. Savchuk, I., Kovalova, S. (2023). Accumulation of <sup>137</sup>Cs, Pb, Cd, Cu in the muscle tissue and liver of pigs getting different rations. *The Scientific and Technical Bulletin of Livestock farming institute of NAAS*. Issue 130, pp. 203–215. Available at: [https://lfi-naas.org.ua/wp-content/uploads/2024/02/STB-130\\_203-215.pdf](https://lfi-naas.org.ua/wp-content/uploads/2024/02/STB-130_203-215.pdf)

16. Tahir, I., Alkheraije, K.A. (2023). A review of important heavy metals toxicity with special emphasis on nephrotoxicity and its management in cattle. *Front Vet Sci.*, 10. DOI:10.3389/fvets.2023.1149720

17. Wrzecińska, M., Kowalczyk, A., Cwynar, P., Czerniawska-Piątkowska, E. (2021). Disorders of the Reproductive Health of Cattle as a Response to Exposure to Toxic Metals. *Biology*, 10 (9), 882 p. DOI:10.3390/biology10090882

#### Accumulation of heavy metals cadmium and lead in the internal organs and tissues of productive animals under conditions of technogenic load on agroecosystems

Portiannyk S., Mamenko O., Tsereniuk O., Onyshchenko A.

The ecological safety of agroecosystems today is determined by both man-made pollution and the harmful effects of war on the environment. Dangerous ecotoxicants, heavy metals, including cadmium and lead, enter the atmospheric air, which migrate in trophic chains, entering the body of dairy cows with feed rations, accumulate in various organs and tissues, dis-

rupting the endoecological state. An acute experiment was conducted on dairy cows of Ukrainian black-and-white and red-and-white dairy breeds with a live weight of 500–545 kg. Agrobiogeocenoses, where the cows were kept, have been located near environmentally hazardous man-made objects. At the end of the experiment, three animals were slaughtered from each group and average samples of internal organs and tissues were selected. Chemical analysis of samples for the content of heavy metals was carried out by atomic absorption spectrophotometry. The purpose of the research is to analyze the content of Cd and Pb in the internal organs of dairy cows under the conditions of eco-safe milk production technology using premixes and a biological product. The kidneys, muscles, liver, lungs, spleen, heart and bones had the greatest accumulation of cadmium in the kidneys, muscles, liver, lungs, spleen, heart and bones; the lungs, kidneys, muscles, liver, bones, spleen and heart had the greatest accumulation effect in relation to Cd, which accounted for 57 % of the total amount of excess of the maximum permissible concentration. Cd accumulates most in the liver, kidneys, spleen, lungs. The main toxic impact of Cd falls on the kidneys and liver, which together account for approximately 38 %. 69 % of the excess of the MPC for Pb falls on the kidneys, liver, muscles and lungs, the remaining 31 % on the spleen, bones and heart. Pb accumulates most in the kidneys, liver, brain, bones. The kidneys, liver, lungs are characterized by the highest content of Cd, Pb. Cd, Pb are dangerous contaminants, the accumulation effect changes the endoecological state of the body of dairy cows with different types of feeding. Rebalancing diets with special premixes with injection of a biological preparation helps reduce the accumulation of VM in the internal target organs of the liver and kidneys, as well as in muscle tissue, which proves the positive role of antidote substances in the technological process of producing environmentally safe cow's milk on cattle farms.

**Keywords:** liver, kidneys, diet, premix, pollutants.



Copyright: Портянник С. В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Портянник С. В.

Маменко О. М.

Церенюк О. М.

Онищенко А. О.

<https://orcid.org/0000-0001-5716-7352>

<https://orcid.org/0000-0003-3638-2525>

<https://orcid.org/0000-0003-4797-9685>

<https://orcid.org/0000-0002-0684-1201>