

УДК 636.084/087.7:636.2:546.36/4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.2.46>

НАКОПИЧЕННЯ ^{137}Cs І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПРОДУКЦІЇ БУГАЙЦІВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ПРЕМІКСУ В РАЦІОНАХ

Савчук І. М. – д.с.-з.н., с.н.с.,

заступник директора з наукової роботи,

Інститут сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук
orcid.org/0000-0002-2182-8857

Ковальова С. П. – к.с.-з.н., ст. дослідник,

докторант кафедри екології та природоохоронних технологій,

Державний університет «Житомирська Політехніка»

orcid.org/0000-0003-1858-625X

Стаття присвячена дослідженню впливу мінерально-вітамінного живлення бугайців за їх утримання і вирошування у III зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС на екологічну якість продукції – найдовшого м'язу спини та печінки. За методом збалансованих груп сформовано 2 групи молодняку великої рогатої худоби: I група (контрольна) – отримувала корми основного раціону без преміксу; II група (дослідна) – згодовували такі ж самі корми з введенням до складу зерноsumіші 1 % преміксу «Стандарт Біомікс». До складу преміксу входять вітаміни (А, Д₃, Е, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆), біотин, холін хлорид, макроелементи (Са, Р, Mg), мікроелементи (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, I, Se) та антиоксидант. Лабораторні дослідження кормів, м'язової тканини і печінки на вміст ^{137}Cs , Pb, Cd проводили у лабораторії агрохімічних досліджень, екологічної безпеки земель та якості продукції Інституту сільського господарства Полісся НААН. Питому активність ^{137}Cs у кормах і продукції визначали на гамма-радіометрі СЕГ-0,5. Проби рослинного та тваринного походження для визначення в них вмісту важких металів здійснено атомно-абсорбційним методом згідно ДСТУ 7670:2014, аналіз – на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Квант – 2А». Коефіцієнти переходу ^{137}Cs і важких металів у ланцюгу «раціон – продукція (м'язова тканина і печінка)» визначали за формулою: $KП = \frac{Ввмп}{Вввр} \times 100$, де КП – коефіцієнт переходу; Ввмп – вміст ^{137}Cs і важких металів у продукції тварин, Бк/кг, мг/кг; Вввр – вміст ^{137}Cs і важких металів у добовому раціоні, Бк, мг.

Питома активність ^{137}Cs в найдовшому м'язі спини та печінці тварин коливалася по групах у межах 37,2–40,6 Бк/кг та 34,2–36,0 Бк/кг відповідно і не перевищувала допустимих рівнів (ДР-2006 = 200 Бк/кг). За використання преміксу у раціонах бугайців II групи відносно I групи питома активність ^{137}Cs і коефіцієнт переходу радіонукліду в м'язову тканину знижуються на 8,4 % і 0,21 % абс. відповідно. Концентрація Pb у найдовшому м'язі спини (I група) та печінці молодняку обох груп виявилася більшою за ГДК у 1,43 рази та 1,55–1,67 рази. Оптимізація мінерально-вітамінного живлення бугайців сприяє значно меншому вмісту і переходу важких металів у м'язову тканину: Pb – на 85,3 % і 3,54 % абс., Cd – на 43,6 % і 7,58 % абс. відповідно.

Ключові слова: бугайці, корми, премікс, живлення, цезій-137, важкі метали, коефіцієнт переходу.

Savchuk I. M., Kovalova S. P. Accumulation of ^{137}Cs and heavy metals in the products of young bulls due to use of premix in the diets

The article is devoted to the study of the influence of mineral and vitamin nutrition of bulls during their maintenance and cultivation in the III zone of radioactive contamination due to the Chernobyl accident on the ecological quality of products – the longest back muscle and liver. According to the balanced groups method, 2 groups of young cattle were formed: Group



© Савчук І. М., Ковальова С. П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

I (control) – received basic ration feed without premix; Group II (experimental) – fed the same feed with the introduction of 1 % of the “Standard Biomix” premix into the grain mixture. The premix includes vitamins (A, D₃, E, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆), biotin, choline chloride, macroelements (Ca, P, Mg), microelements (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, I, Se) and an antioxidant. Laboratory studies of feed, muscle tissue and liver for the content of ¹³⁷Cs, Pb, Cd were carried out in the laboratory of agrochemical research, environmental safety of lands and product quality of the Institute of Agriculture of Polissya NAAS. The specific activity of ¹³⁷Cs in feed and products was determined on a gamma radiometer SEG-0.5. Samples of plant and animal origin were analyzed for the content of heavy metals by the atomic absorption method according to DSTU 7670:2014, analysis was performed on an atomic absorption spectrophotometer “Kvant-2A”. The transfer coefficients of ¹³⁷Cs and heavy metals in the chain “diet – products (muscle tissue and liver)” were determined by the formula: $KP = V_{vmp} / V_{vmr} \times 100$, where KP is the transfer coefficient; V_{vmp} is the content of ¹³⁷Cs and heavy metals in animal products, Bq/kg, mg/kg; V_{vmr} – content of ¹³⁷Cs and heavy metals in the daily diet, Bq, mg.

The specific activity of ¹³⁷Cs in the longest dorsal muscle and liver of animals varied across groups within the range of 37.2–40.6 Bq/kg and 34.2–36.0 Bq/kg, respectively, and did not exceed permissible levels (PL-2006 = 200 Bq/kg). When using the premix in the diets of bulls of group II relative to group I, the specific activity of ¹³⁷Cs and the coefficient of radionuclide transfer into muscle tissue decrease by 8.4 % and 0.21 % abs., respectively. The concentration of Pb in the longest muscle of the back (group I) and the liver of young animals of both groups was found to be 1.43 times and 1.55–1.67 times higher than the maximum permissible concentration. Optimization of mineral and vitamin nutrition of bulls contributes to a significantly lower content and transfer of heavy metals into muscle tissue: Pb – by 85.3 % and 3.54 % abs., Cd – by 43.6 % and 7.58 % abs., respectively.

Key words: *bulls, feed, premix, nutrition, cesium-137, heavy metals, transfer coefficient.*

Постановка проблеми. Аналіз екологічної ситуації в Україні свідчить про те, що забруднення довкілля шкідливими речовинами за останні десятиліття збільшилося у кілька разів і за прогнозами – продовжуватиме зростати [1, с. 12; 2, с. 46]. Результати обстеження організму здорових тварин на хімічно та радіоактивно забруднених територіях показали накопичення в їх організмі значних рівнів хімічних елементів: у 5–10 разів більше від встановленої норми вмісту цинку, алюмінію, марганцю, міді, кадмію, свинцю та фтору [3, с. 707]. Важкі метали є потенційно небезпечними через їх токсичність, біоаккумуляцію та біозбільшення, коли вони знаходяться в живих тканинах і накопичуються більше, ніж виводяться з організму [4, с. 98]. Зниження токсичного впливу радіонуклідів і важких металів на сільськогосподарську сферу, а саме на продукцію рослинництва, продукцію лісового походження та продукцію тваринництва, що виробляється на забруднених землях, є основною задачею суспільства для отримання безпечної сировини та продуктів харчування [5, с. 50].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними вітчизняних авторів [6, с. 176; 7, с. 15], у комплексі пропонованих прийомів ведуче місце відводиться біологічно повноцінній годівлі тварин. Оптимізовані раціони годівлі тварин сприяють посиленню метаболічних процесів у організмі, підвищують використання поживних речовин кормів, що значно покращує біологічну повноцінність м'яса за рахунок збільшення вмісту в продукції жиру та білку [8, с. 49; 9, с. 101].

Важливу роль у зменшенні надходження шкідливих речовин до організму сільськогосподарських тварин, а також у підвищенні їхньої стійкості проти іонізуючих випромінювань, відіграють мікроелементи [10, с. 64; 11, с. 4]. Особливо це стосується регіонів Полісся, ґрунти яких, а отже, і корми, бідні не лише на основні макроелементи, а й на більшість біологічно важливих мікроелементів, таких як Йод, Фтор, Цинк, Кобальт, Манган, Купрум, Селен [12, 13]. Збагачення раціону тварин солями вказаних елементів є важливим заходом у системі ведення тваринництва на забруднених радіонуклідами територіях [14, с. 159; 15, с. 27].

У практиці годівлі тварин для покриття дефіциту окремих вітамінів, мінеральних елементів у раціонах використовують різні білково-вітамінно-мінеральні добавки (БВМД) і премікси. Вони створюють необхідні умови для нормального функціонування ферментів і гормонів, підтриманню кислотно-лужної рівноваги і осмотичного тиску на необхідному рівні [16, с. 5; 17, с. 155]. Тому, збагачення зерноsumішей і комбікормів преміксами, мінерально-вітамінними добавками та іншими біологічно-активними речовинами, може істотно вплинути на підвищення конверсії поживних речовин корму і сприятиме росту продуктивності тварин та зниженню накопичення радіонуклідів і важких металів у продукції тваринництва за її виробництва в зоні радіоактивного забруднення.

Мета досліджень – встановити вміст і перехід ^{137}Cs , Pb і Cd у продукцію бугайців за використання в їх раціонах преміксу.

Матеріал та методика проведення досліджень. Для проведення досліджень використали бугайців української чорно-рябої молочної породи, які утримувались в умовах фізіологічного двору Інституту сільського господарства Полісся НААН. Для точності експериментів сформували дві окремі групи тварин, які утримувалися на прив'язі. Формування піддослідних груп здійснювали за методом збалансованих груп згідно з методичними положеннями Ібатулліна І. і Жукорського О. [18, с. 34]. Відбір та порівняння тварин для постановки на дослід тривав 57 діб. Після завершення порівняльного періоду до кожної групи піддослідних бугайців відібрали по 7 тварин із аналогічними показниками. Дослідження проведено у с. Грозине Коростенського району Житомирської області, яке належить до території зі щільністю радіоактивного забруднення до 185 kBк/м^2 (III зона). Тривалість дослідного періоду – 186 діб.

Годівля піддослідних бугайців проводилася дворазово – вранці та ввечері. У тварин упродовж доби був вільний доступ до автоматичних поїлок з водою. Згідно з основною схемою дослідження, під час проведення експерименту, молодняку великої рогатої худоби I (контрольної) групи згодовували корми господарського раціону, до складу якого входили силос кукурудзяний і різнотравний, сіно злакове, зелена маса жита і різнотрав'я, зерноsumіш та сіль кухонна. Тваринам II (дослідної) групи до складу зерноsumіші додатково вводили 1 % преміксу «Стандарт Біомікс» (табл. 1).

Таблиця 1

Склад зерноsumішей для годівлі піддослідних тварин, % за масою

Інгредієнти	Група	
	I – контрольна	II – дослідна
Пшениця	45	44
Люпин	30	30
Жито	15	15
Овес	10	10
Премікс «Стандарт Біомікс»	–	1
Всього	100	100

Оскільки всі види кормів для годівлі обох груп тварин були ідентичними, то визначальним фактором у забезпеченні бугайців відповідним рівнем мінерально-вітамінного живлення був премікс. До його складу входили вітаміни (А, Д₃,

Е, В₁–В₁₂), макроелементи (Са, Р, Mg), мікроелементи (Fe, Cu, Zn, Co, J, Se, Mn), біотин та холін хлорид.

Після проведення науково-господарського досліду провели контрольний забій тварин у цеху Овруцького м'ясокомбінату по три голови із кожної групи, жива маса яких відповідала середнім показникам по групах, за технологією, прийнятою на м'ясопереробних підприємствах. Для лабораторних досліджень відібрали зразки найдовшого м'язу спини між 9 і 12 ребрами правих півтуш після 48-годинного охолодження за температурі 4 °С та печінку. Лабораторні дослідження кормів, м'язової тканини і печінки бугайців на вміст ¹³⁷Cs, Pb, Cd проводили у лабораторії агрохімічних досліджень, екологічної безпеки земель та якості продукції Інституту сільського господарства Полісся НААН.

Питому активність ¹³⁷Cs у кормах і продуктах забою визначали спетрометричним методом на гамма-спектрометрі СЕГ-0,5. Визначення вмісту важких металів здійснювали атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Квант-2А». Коефіцієнти переходу (КП) ¹³⁷Cs і важких металів (Pb, Cd) із кормів раціону до продукції тварин розраховували за формулою: $КП = \frac{Ввмп.}{Вввр.} \times 100$, де КП – коефіцієнт переходу; Ввмп – вміст ¹³⁷Cs і важких металів у продукції тварин, Бк/кг, мг/кг; Вввр – вміст ¹³⁷Cs і важких металів у добовому раціоні, Бк, мг [19, с. 44]. Даний коефіцієнт є відносним інтегрованим показником, котрий у % відображає міграцію шкідливих речовин з раціону в продукцію, що дозволяє провести порівняльну оцінку переходу поллютантів за використання різних кормових сумішей для годівлі бугайців.

Результати досліджень опрацьовували стандартними методами варіаційної статистики з використанням ПОМ і застосовували комп'ютерні програми статистичної обробки Microsoft Excel. Рівні статистичної значущості (достовірності) у таблицях позначали за використання літерних суперскриптів у такій відповідності: **P* > 0,95; ***P* > 0,99; ****P* > 0,999 [20].

Результати досліджень. Мінімізація наслідків аварії на Чорнобильській АЕС саме у сільськогосподарській сфері на забруднених радіонуклідами територіях, до якої відноситься виконання радіозахисних заходів у рослинництві й тваринництві, є одним з основним елементів системи радіаційної безпеки [21, с. 70]. Тому одним із пріоритетних завдань сучасної радіоекологічної науки є систематичний контроль забруднення рослинницької і тваринницької продукції токсичними речовинами та вивчення особливостей їх міграції у сільськогосподарських екосистемах.

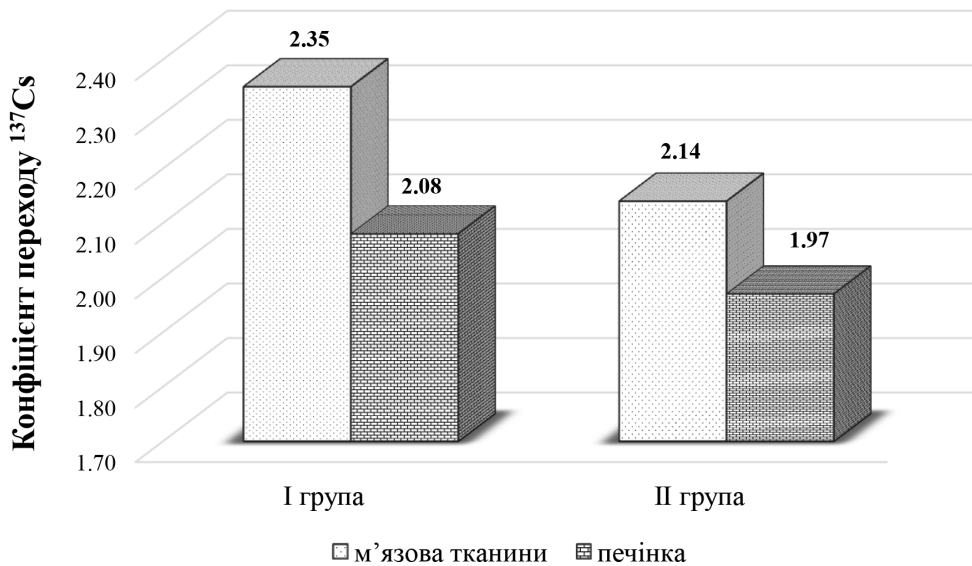
До організму відгодівельних бугайців з кормами раціонів надходила практично однакова кількість радіоцезію – 1729,8–1735,1 Бк/добу (табл. 2). Питома активність ¹³⁷Cs в найдовшому м'язі спини і печінці молодняка контрольної та дослідної груп коливалася в незначних межах і становила 37,2–40,6 Бк/кг і 34,2–36,0 Бк/кг відповідно. Слід зазначити, що продукція бугайців обох груп не перевищувала затверджених у Національних гігієнічних нормативних актах України допустимих рівнів (ДР) вмісту радіонуклідів у харчових продуктах (ДР, затверджений у 2006 р. – 200 Бк/кг). Введення до складу зерносуміші преміксу в кількості 1 % (за масою) забезпечило зниження вмісту ¹³⁷Cs у м'язовій тканині і печінці тварин II групи відносно I групи на 8,4 % і 5,0 % за недостовірної міжгрупової різниці (*P* < 0,95).

Коефіцієнти переходу ¹³⁷Cs у найдовший м'яз спини та печінку піддослідних бугайців були невисокими і становили 2,14–2,35 % та 1,97–2,08 % відповідно (рис. 1). Тим не менш, використання в кормових раціонах молодняка ВРХ преміксу «Стандарт Біомікс» зумовило зниження коефіцієнтів переходу радіонукліду в м'язову тканину на 0,21 % абс., у печінку – на 0,11 % абс.

Таблиця 2

Питома активність ^{137}Cs у раціонах і продукції бугайців

Група	Вміст ^{137}Cs			
	середньодобовий раціон, Бк/добу	продукція, Бк/кг	± до контрольної групи	
			Бк/кг	%
Найдовший м'яз спини				
I – контрольна	1729,8	40,6 ± 2,5	–	–
II – дослідна	1735,1	37,2 ± 2,0	–3,4	–8,4
Печінка				
I – контрольна	1729,8	36,0 ± 2,4	–	–
II – дослідна	1735,1	34,2 ± 1,3	–1,8	–5,0

Рис. 1. Коефіцієнти переходу ^{137}Cs у продукцію бугайців

Таким чином, оптимізація вітамінно-мінерального живлення бугайців за рахунок використання преміксу в кормових раціонах призвела до меншого нагромадження і переходу ^{137}Cs у продукцію тварин.

Уміст важких металів у м'ясі – один із важливих показників його якості в умовах техногенного забруднення кормів і сільськогосподарських угідь шкідливими речовинами. Для лабораторних аналізів, під час забою піддослідних бугайців, було відібрано середню пробу м'язової тканини з найдовшого м'язу спини, як основної їстівної частини туші тварин. У м'ясі та печінці вивчали концентрацію найбільш небезпечних важких металів – Pb і Cd.

Свинець (Pb) – це тканинний токсин, який накопичується з часом і міститься в тілі тварин, але особливо в кістках, печінці, нирках і мозку [22, с. 71]. Згідно з даними [23, с. 17], Pb є особливо небезпечним токсикантом серед важких металів. Він пошкоджує майже усі системи організму: кровотворну, травну, сечовидільну, серцево-судинну, ендокринну, викликає порушення метаболічних процесів,

центральної та периферичної нервової систем, пошкоджує клітинні мембрани та клітинний метаболізм [24, с. 3].

У середньому за добу до організму піддослідних тварин контрольної та дослідної груп надходила практично однакова кількість свинцю – 3,423–3,445 мг (табл. 3). Відповідно до прийнятих Державних санітарних правил і норм України, гранично допустимий рівень (ГДК) свинцю в м'ясі становить 0,10 мг/кг, у печінці – 0,50 мг/кг. Результати досліджень показали, що вміст Pb у найдовшому м'язі спини виявився більшим за ГДК у тварин I групи у 1,43 рази. Водночас концентрація цього важкого металу в м'язовій тканині бугайців II групи відносно ровесників I групи достовірно знизилася на 85,3 % ($P > 0,95$).

Уміст свинцю в печінці обох груп виявився більшим за гранично допустимий рівень у 1,55–1,67 рази. Тим не менш, згодовування бугайцям кормів раціонів із преміксом (II група) порівняно з контролем призвело до підвищення вмісту Pb у печінці на 8,1 % за невірної різниці ($P < 0,95$).

Таблиця 3

Концентрація Pb у раціонах і продукції бугайців

Група	Вміст Pb			
	середньодобовий раціон, мг/добу	продукція, мг/кг	± до контрольної групи	
			мг/кг	%
Найдовший м'яз спини				
I – контрольна	3,445	0,143 ± 0,035	–	–
II – дослідна	3,423	0,021 ± 0,001*	–0,121	–85,3
ГДК	–	0,10	–	–
Печінка				
I – контрольна	3,445	0,774 ± 0,022	–	–
II – дослідна	3,423	0,837 ± 0,033	+0,063	+8,1
ГДК	–	0,50		

Примітка. * $P > 0,95$.

Коефіцієнти переходу Pb у найдовший м'яз спини та печінку варіювали в межах 0,61–4,15 % та 22,47–24,45 % відповідно (рис. 2). Найменший перехід цього елемента в м'язову тканину спостерігався у бугайців II групи, а в печінку – у ровесників I групи.

Кадмій (Cd) – це метал, який широко поширений у різних екосистемах, не лише в зоні радіоактивного забруднення, але також у ґрунті та руді, де він зв'язаний із цинком. Цей метал є мутагеном і канцерогеном, який становить потенційну генетичну загрозу та є надзвичайно токсичним і не є необхідним для організмів тварин і людей [25, с. 5]. Особливістю біологічної дії Cd є його здатність негативно впливати на здоров'я тварин при тривалому впливі низьких рівнів забруднення через високий коефіцієнт біологічної кумуляції [26, с. 93].

Споживання бугайцям силосу, сіна, зеленої маси та різного складу зерносуші суттєво не впливало на надходження Cd до організму тварин I і II груп – 0,222–0,223 мг/добу (табл. 4).

Рівень забруднення найдовшого м'язу спини бугайців Cd не перевищував гранично допустиму концентрацію. Так, цей показник у м'язовій тканині піддослідних тварин I та II груп варіював у межах 0,022–0,039 мг/кг, що нижче за

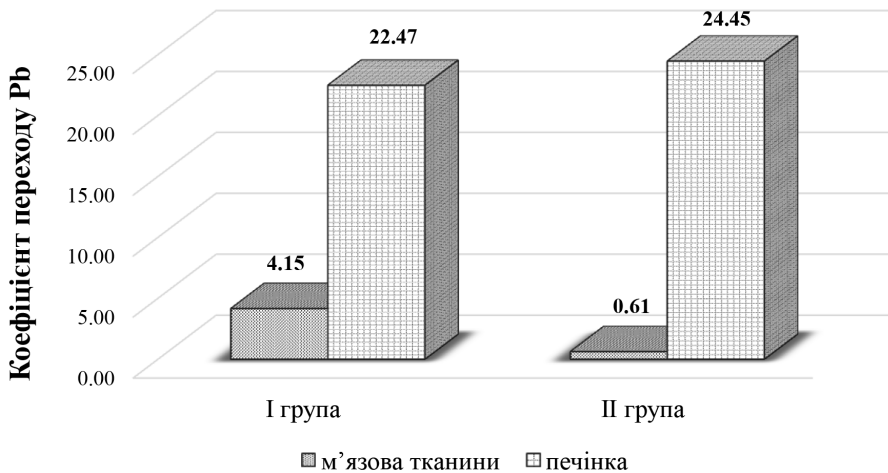


Рис. 2. Коефіцієнти переходу Pb у продукцію бугайців

Таблиця 4

Концентрація Cd у раціонах і продукції бугайців

Група	Вміст Cd			
	середньодобовий раціон, мг/добу	продукція, мг/кг	± до контрольної групи	
			мг/кг	%
Найдовший м'яз спини				
I – контрольна	0,223	0,039 ± 0,003	–	–
II – дослідна	0,222	0,022 ± 0,004*	–0,017	–43,6
ГДК	–	0,05	–	–
Печінка				
I – контрольна	0,223	0,154 ± 0,022	–	–
II – дослідна	0,222	0,156 ± 0,033	+0,002	+1,3
ГДК	–	0,50		

Примітка. * $P > 0,95$.

санітарно-гігієнічні вимоги на 22,0–56,0 %. За згодовування молодняку ВРХ II (дослідної) групи у складі зерносуміші преміксу «Стандарт Біомікс» вміст Cd у найдовшому м'язі спини знижується відносно контролю на 43,6 % за статистично значущої міжгрупової різниці ($P > 0,95$). Найбільше Cd накопичується у печінці піддослідних тварин – 0,154–0,156 мг/кг, що не перевищує ГДК.

Коефіцієнти переходу Кадмію у свинину (найдовший м'яз) та печінку були доволі високими – 9,91–17,49 та 69,06–70,27 % відповідно (рис. 3). За використання преміксу у раціонах бугайців перехід Cd у найдовший м'яз спини тварин дослідної групи знижувався на 7,58 % абс. порівняно з контролем.

Отже, використання для відгодівлі молодняку ВРХ у III зоні радіоактивного забруднення преміксу «Стандарт Біомікс» позитивно вплинуло на екологічну якість продукції, знижуючи вміст і перехід ^{137}Cs , Pb, Cd у найдовший м'яз спини.

Висновки. Питома активність ^{137}Cs в найдовшому м'язі спини та печінці бугайців за їх вирощування в III зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії

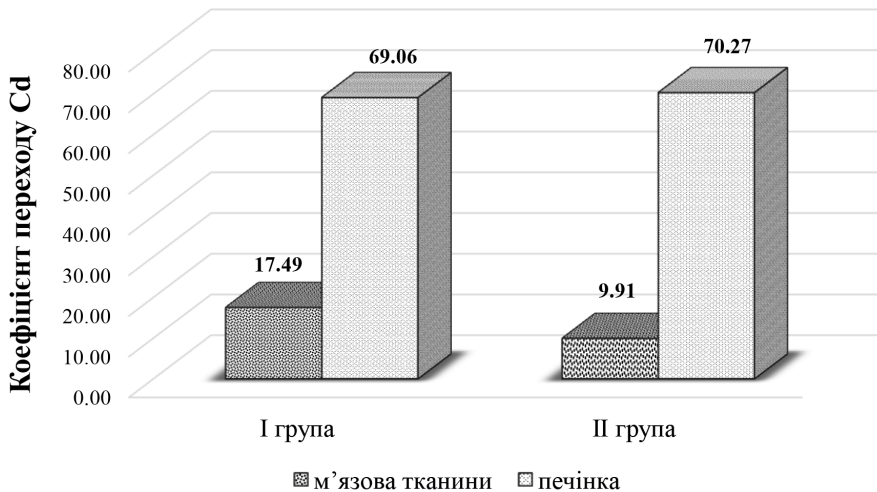


Рис. 3. Коефіцієнти переходу Cd у продукцію бугайців

на ЧАЕС коливалася по групах у межах 37,2–40,6 Бк/кг та 34,2–36,0 Бк/кг відповідно і не перевищувала допустимих рівнів (ДР-2006 = 200 Бк/кг). Вміст Pb у найдовшому м'язі спини (I група) та печінці тварин обох груп був більшим за ГДК в 1,43 рази та 1,55–1,67 рази. Використання в кормових раціонах молодняка великої рогатої худоби преміксу «Стандарт Біомікс» зумовило зниження вмісту і переходу ^{137}Cs , Pb, Cd в м'язову тканину на 8,4 % і 0,21 % абс., 85,3 і 3,54, 43,6 % і 7,58 % абс. відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Екологічні проблеми України: наслідки війни [Електронний ресурс] : веббіографічний покажчик / уклад. О. О. Найдюнова ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. 19 с.
2. Savchuk I., Romanchuk L., Yashchuk I., Kovalova S., Bondarchuk L. Monitoring of heavy metals in fodder and animal husbandry products of the Polissia zone of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25.No. 6. P. 45–54. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(6\).2022.45-54](https://doi.org/10.48077/scihor.25(6).2022.45-54)
3. Bakhrillaeva M., Razamuradov Z. The Negative Effect of Heavy Metal Salts on the Body of Mammal Animals. *Open Journal of Animal Sciences*. 2022. Vol. 12. No. 4. P. 704–711. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojas.2022.124048>
4. Verma N., Rachamalla M., Kumar P.S., Dua K. Assessment and impact of metal toxicity on wildlife and human health. *Metals Water*. 2023. P.93–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95919-3.00002-1>
5. Чоботько Г. М., Райчук Л. А., Кучма Т. Л., Швіденко І. К. Деякі аспекти повернення до сільськогосподарського використання виведених з експлуатації земель Полісся України, забруднених радіонуклідами. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 47–55. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283696>
6. Бомко В. С., Сиваченко Є. В., Сметаніна О. В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин: навч. посібник. Біла Церква, 2023. 225с.
7. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин /за наук. ред. І. І. Ібатулліна і О. М. Жукорського. Київ: Аграрна наука, 2016. 336 с.
8. Kovaleva S., Savchuk I. Productivity and metabolism of substances in the body of bulls by optimizing their protein nutrition. *The Scientific and Technical Bulletin*

of Livestock farming institute of NAAS. 2024. Is. 132. P. 44-55. DOI: <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2024-132-44-55>

9. Sirtori F., Crovetto A., Acciaoli A., Bonelli A., Pugliese C., Bozzi R., Campodoni G., Franci O. Effect of replacing a soy diet with *Vicia faba* and *Pisum sativum* on performance meat and fat traits of Cinta Senese pigs. *Italian Journal Animal of Science*. 2015. Vol.14. P.99–104. DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3659>

10. Кебко В. Г., Маменко О. М. Значення збалансованої годівлі для виведення радіоцезію із м'язової тканини великої рогатої худоби. *Молочно-м'ясне скотарство*. 1994. Вип. 85. С. 61–67.

11. Rossi L., Fusi E., Boglioni M., Giromini C., Rebucci R., Baldi A. Effect of Zinc oxide and Zinc chloride on human and swine intestinal epithelial cell lines. *International Journal of Health. Animal Science and Food Safety*. 2014. Vol. 1. No.2. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.13130/2283-3927/4212>

12. Карпусь М. М., Славов В. П., Прістер Б. С., Лапа М. А., Мартинюк Г. М. Деталізована поживність кормів та раціони годівлі корів у зоні радіоактивного забруднення Полісся України. Житомир: Тетерів, 1994. 288 с.

13. Інформаційна база даних хімічного складу кормів України для організації обґрунтованої годівлі сільськогосподарських тварин / за ред. Г. О. Богдана, С. В. Руденка. Харків : Інститут тваринництва УААН, 2009. 216 с.

14. Заславський С. О. Огляд: мінеральні елементи та їх роль у живленні тварин. *Наук. вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. т. 26. № 100. С. 157–161. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10024>

15. Біденко В., Трохименко В., Антонюк В., Галуцький П. Зміни радіоактивності молока та продуктивності корів при використанні в годівлі комплексонатів міді, елементів міді, марганцю, цинку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. 2020. № 2 (41). С. 24–28. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.2.4>

16. Fedorchenko M. Influence of vitamin-mineral supplement on protein metabolism in rabbits' organisms. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 4(1). P. 3–6. doi:10.32718/ujvas4-1.01

17. Гуцол А. В., Сироватко К. М., Вугляр В. С. Використання білково-вітамінно-мінеральних добавок у тваринництві *Наук. вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького*. 2018. т. 20. № 84. С. 154–160. DOI: <https://doi.org/10.15421/nvlvet8428>

18. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І. І. Ібатулліна, О. М. Жукорського. Київ : Аграрна наука, 2017. 328 с.

19. Маменко О. М., Портяник С. В. Вплив типів годівлі корів на вміст важких металів у молоці. *Наук. вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2019. Т. 21, № 90. С. 38–48.

20. Сучасні методи селекції в тваринництві : навч. посібник / Рубан С. Ю., Даншин В. О., Литвиненко Т. В. та ін. Київ : Нац. університет біоресурсів і природокористування України, 2020. 212 с.

21. Ландін В. П., Чоботько Г. М., Кучма М. Д., Райчук Л. А. Подолання наслідків Чорнобильської катастрофи в агросфері України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 67–75.

22. Ernyasih A. M., Palutturi S., Daud A. Calculating the potential risks of environmental and communities health due to lead contaminants exposure: a systematic review. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*. 2023. Vol. 14. No.1. P. 68–76. DOI: <https://doi.org/10.47750/pnr.2023.14.01.011>

23. Bernaldes G. G., Calo C. M., Dumago C. M., Tibe A., Barbon M., Altar D. M. Analysis of heavy metal (Hg, Pb, Ni) content in Marsh Clam, *Polymesoda expansa* collected from Butuan Bay, Philippines. *International Journal of Biological, Physical and Chemical Studies*. 2022. Vol. 4. P. 14–23. DOI: <https://doi.org/10.32996/ijbpcs.2022.4.1.3>

24. Cuomo D., Foster M. J., Threadgill D. Systemic review of genetic and epigenetic factors underlying differential toxicity to environmental lead (Pb) exposure. *Environmental Science Pollution Research*. 2022. Vol. 4. P.1–6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19333-5>

25. Dasharathy S., Arjunan S., Maliyur Basavaraju A., Murugasen V., Ramachandra S., Keshav R. Mutagenic, carcinogenic, and teratogenic effect of heavy metals. *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*. 2022. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/8011953>

26. Lavryshyn Y., Gutyj B. Protein synthesis function of bulls liver at experimental chronic cadmium toxicity. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*. 2019. Vol. 21(94). P. 92–96. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet9417>

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026