

УДК 636.084/085:546.36/4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.30>

## НАКОПИЧЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ , $\text{Pb}$ І $\text{Cd}$ У ПРОДУКЦІЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГОРОХУ І ПЕЛЮШКИ У РАЦІОНАХ БУГАЙЦІВ

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

завідувачка відділу тваринництва та екологічної безпеки земель і якості продукції,  
Інститут сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук

**Саєчук І.М.** – д.с.-г.н., с.н.с.,

заступник директора з наукової роботи,

Інститут сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук

Стаття присвячена дослідженню впливу протеїнового живлення бугайців за їх утримання у III зоні радіоактивного забруднення на екологічну якість продукції – найдовшого м'язу спини, печінки і нирок. Сформовано 2 групи молодняку великої рогатої худоби: I група (контрольна) – балансування кормових раціонів за перетравним протеїном проводили за рахунок згодовування тваринам 1,02 кг гороху; II група (дослідна) – отримувала таку ж саму кількість пелюшки (горох польовий). Питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у кормах і продукції визначали на гамма-радіометрі СЕГ-0,5. Підготовку зразків рослинного та тваринного походження для встановлення у їх складі важких металів здійснювали методом сухої мінералізації, аналіз – на атомно-абсорбційному спектрометрі «Квант-2А». За використання для оптимізації протеїнового живлення молодняку великої рогатої худоби гороху і пелюшки питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у найдовшому м'язі спини, печінці і нирках піддослідних тварин не перевищувала допустимих рівнів (ДР-2006 = 200 Бк/кг). Водночас введення до складу раціону пелюшки, концентрація радіоцезію у м'язовій тканині бугайців II (дослідної) групи відносно контролю знижувалася на 2,8 Бк/кг, або на 9,9 % за статистично значущої різниці ( $P > 0,95$ ). До того ж коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  у м'язову тканину тварин II групи порівняно із ровесниками I групи також виявився меншим на 0,11 % абсолютних. Концентрація  $\text{Pb}$  у найдовшому м'язі спини та печінці молодняку обох груп виявилася більшою за ГДК у 3,21–4,37 рази та на 13,2–17,4 % відповідно. Уведення до складу раціону 1,02 кг пелюшки замість такої ж кількості гороху за відгодовілі тварин у III зоні радіоактивного забруднення сприяє значно меншому вмісту і переходу важких металів у м'язову тканину:  $\text{Pb}$  – на 26,6 % і 0,41 % абс.,  $\text{Cd}$  – на 50,0 % і 0,73 % абс. відповідно.

**Ключові слова:** тварини, корми, протеїнове живлення, радіонукліди, важкі метали, коефіцієнт переходу.

### **Kovalova S.P., Savchuk I.M. Accumulation of $^{137}\text{Cs}$ , $\text{Pb}$ , $\text{Cd}$ in products from diets containing pea and wild pea for young bulls**

the article focuses on studying the effect of protein feeding in young bulls kept in the third zone of radioactive contamination on the ecological quality of their products – the longest back muscle, liver, and kidneys. Two groups of young cattle were formed: Group I (control) – feed rations were balanced for digestible protein by including 1,02 kg of peas; Group II (experimental) – received the same amount of wild pea (field pea). The specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in feed and products was measured using a SEG-0,5 gamma radiometer. Plant and animal samples for determining heavy metal content were prepared via dry mineralization, and the analysis was conducted on a "Kvant-2A" atomic absorption spectrometer. When common and wild peas were used to optimize the protein nutrition of young cattle, the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the longest back muscle, liver, and kidneys of the experimental animals did not exceed permissible levels (PL-2006 = 200 Bq/kg). At the same time, the inclusion of wild pea in the diet reduced the concentration of radiocesium in the muscle tissue of Group II (experimental) bulls by 2.8 Bq/kg, or 9.9%, compared to the control group, with a statistically significant difference ( $P > 0.95$ ). Additionally, the transfer coefficient of  $^{137}\text{Cs}$  to the muscle tissue of Group II animals was 0.11% lower than that of Group I. The concentration of  $\text{Pb}$  in the longest back muscle and liver of both groups exceeded

*the maximum allowable concentrations by 3,21 – 4,37 times and by 13,2–17,4%, respectively. The inclusion of 1,02 kg of wild pea instead of the same amount of peas in the diet of animals in the third zone of radioactive contamination significantly reduced the content and transfer of heavy metals into muscle tissue: Pb by 26,6% and 0,41% absolute, and Cd by 50,0% and 0,73% absolute, respectively.*

*Key words: animals, feed, protein feeding, radionuclides, heavy metals, transfer coefficient.*

**Постановка проблеми.** Виробництво якісних і безпечних харчових продуктів в умовах техногенного забруднення навколишнього середовища є проблемою світового масштабу, особливо в Україні. Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС радіоактивними речовинами, зокрема цезієм-137, забруднено ґрунт не лише в Україні, а й у багатьох інших країнах світу. Житомирська область є однією з найбільш постраждалих від аварії областей. Крім того, ця територія забруднена найбільш токсичними важкими металами – свинцем (Pb), кадмієм (Cd), міддю (Cu) і цинком (Zn), які активно мігрують у біологічній системі: ґрунт → рослина → тварина → продукція → людина, інтенсивно накопичуючись у продуктах рослинного і тваринного походження. Складна екологічна ситуація та широкий спектр біологічної та токсичної дії  $^{137}\text{Cs}$  і важких металів вимагають проведення ряду заходів, які б запобігли трансформації шкідливих речовин до організму тварин, підвищили їх продуктивність та безпеку вироблених харчових продуктів в умовах українського Полісся.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У результаті аварії на Чорнобильській АЕС значні території українського Полісся зазнали забруднення радіоактивними речовинами –  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  тощо. Їх надходження до організму тварин з кормами раціонів вимагає за виробництва тваринницької продукції застосування технологій, що дають змогу виробляти екологічно безпечні і якісні продукти харчування для населення, що проживає в даних регіонах [1, с. 33]. Мінімізація наслідків аварії 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 [2, с. 21; 3, с. 479].

Не менш важливою проблемою залишається забруднення зони Полісся важкими металами, такими як Pb, Cd, Cu, Zn [4, с. 47]. Ці хімічні елементи та їх сполуки є токсичні у підвищених концентраціях, що негативно позначається на здоров'ї, продуктивності тварин та якості продукції тваринництва [5, с. 28]. Джерелами забруднення навколишнього середовища важкими металами є переважно промисловість, термічна та хімічна переробка корисних копалин, спалювання вугілля, газів і рідкого палива, комунальне господарство (сміттєзвалища, стічні води), а також сільське господарство, що використовує мінеральні добрива, засоби захисту рослин [6, с. 1373; 7, с. 303].

Потрапляння важких металів у ґрунт може призвести до накопичення небажаних для сільськогосподарських угідь концентрацій, поставити під загрозу родючість, перехід таких поллютантів як Pb і Cd з ґрунту в рослини, що йдуть на корм тваринам та можуть входити до раціону будь-якого типу годівлі, здатне ускладнити виробництво високоякісної тваринницької продукції, а значить і сировини для виробництва харчових продуктів [8, с. 38]. Важкі метали є потенційно небезпечними через їх токсичність, біоаккумуляцію та біозбільшення, коли вони знаходяться в живих тканинах і накопичуються більше, ніж виводяться з організму [9, с. 23].

**Постановка завдання.** У зоні Полісся України, і зокрема, в зоні радіоактивного забруднення, організація повноцінної годівлі має досить важливе значення, адже

за дефіциту поживних речовин у раціонах сільськогосподарських тварин накопичення ксенобіотиків у молоці та м'ясі значно збільшується. Достатнє протеїнове, вуглеводне та мінеральне живлення тварин послаблює токсичну дію шкідливих речовин, зменшує всмоктування  $^{137}\text{Cs}$  і важких металів із шлунково-кишкового тракту та збільшує їх виведення із організму [10, с. 87]. Водночас забезпечення тварин необхідною кількістю повноцінного перетравного протеїну – одна з головних проблем тваринництва цієї зони [11, с. 109].

Беручи до уваги широкий спектр біологічної та токсичної дії  $^{137}\text{Cs}$  і важких металів, які негативно впливають на внутрішні органи й системи тварин [12, с. 43; 13, с. 263], заслуговує на увагу необхідність удосконалення системи ведення галузі тваринництва та годівлі тварин у зонах підвищеного техногенного навантаження сільськогосподарського виробництва. Тому досить актуальними є дослідження з пошуку типів годівлі і раціонів тварин з метою зниження накопичення  $^{137}\text{Cs}$ , Pb, Cd у продукції тваринництва за її виробництва в III зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС.

**Мета досліджень** – встановити вміст  $^{137}\text{Cs}$ , Pb і Cd у кормах раціонів та їх перехід у продукцію бугайців за використання різних високобілкових кормів – гороху і пелюшки.

**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 Ібатуліна І. і Жукорського О. [14, с. 76]. Відбір та порівняння тварин для постановки на дослід тривав 31 добу. Після завершення порівняльного періоду до кожної групи піддослідних бугайців відібрали по 10 тварин із аналогічними показниками. Дослідження проведено у с. Грозине Коростенського району Житомирської області, яке належить до території зі щільністю радіоактивного забруднення до  $185 \text{ kBк/м}^2$  (III зона). Тривалість дослідного періоду – 122 доби.

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 контрольної групи згодовували корми господарського раціону, до складу якого входили сіно злакове, сінаж злаково-бобовий, буряк кормовий, зерноsumіш, дерть горохова та сіль кухонна. Тваринам дослідної групи дерть горохову замінили на дерть пелюшки. Дефіцит мікроелементів у раціоні забезпечували за рахунок введення до його складу сірчаної кислоти міді та цинку, хлористого кобальту та йодистого калію.

Після проведення науково-господарського дослідження 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 температури  $4^\circ\text{C}$ , печінку та нирки.

Лабораторні дослідження кормів, м'язової тканини, печінки і нирок бугайців на вміст  $^{137}\text{Cs}$ , Pb, Cd проводили у лабораторії агрохімічних досліджень, екологічної безпеки земель та якості продукції Інституту сільського господарства Полісся НААН.

Питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у кормах і продуктах забою визначали спектрометричним методом на гамма-спектрометрі СЕГ-0,5. Визначення вмісту важких металів атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Квант-2А».

Коефіцієнти переходу (КП)  $^{137}\text{Cs}$  і важких металів (Pb, Cd) із кормів раціону до продукції тварин розраховували за формулою:  $\text{КП} = \text{Ввмп}/\text{Ввмр} \times 100$ , де КП – коефіцієнт переходу; Ввмп – вміст  $^{137}\text{Cs}$  і важких металів у продукції тварин, Бк/кг, мг/кг; Ввмр – вміст  $^{137}\text{Cs}$  і важких металів у добовому раціоні, Бк, мг [8, 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 [15].

**Результати досліджень.** Для вирішення проблеми забезпечення населення повноцінними і екологічно безпечними продуктами харчування необхідні дослідження, направлені на вивчення шляхів міграції радіоцезію і важких металів у ланцюгу корми → організм тварин → продукція (молоко та м'ясо), а також шляхів їх виведення із організму тварин.

У таблиці 1 наведені дані щодо вмісту  $^{137}\text{Cs}$ , Pb, Cd у кормах, які використовувалися для годівлі піддослідних бугайців під час проведення експерименту.

Таблиця 1

#### Уміст шкідливих речовин у кормах

Корми	Міститься в кормах		
	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	Pb, мг/кг	Cd, мг/кг
Сіно злакове	176,1	2,329	0,205
Сінаж різноотравний	124,6	1,212	0,086
Зерноsumіш	50,7	2,095	0,193
Буряк кормовий	44,0	0,368	0,065
Дерть гороху	31,3	1,945	0,178
Дерть пелюшки	22,1	2,193	0,198

Серед усіх обстежених кормів найбільшою питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  відзначається сіно злакове – 176,1 Бк/кг, що більше порівняно з іншими видами кормів у 1,41–7,97 рази. Проведеними дослідженнями встановлено, що вміст Pb і Cd у кормах, які були вирощені у III зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС, не перевищував ГДК – 5,0 і 0,3 мг/кг відповідно. Наразі найбільша кількість Pb і Cd містилася у сіні злаковому – 2,329 мг/кг (менше від ГДК на 53,4 %) і 0,205 мг/кг (менше від ГДК на 31,7 %) відповідно. Бобові культури (горох і пелюшка) також у значній кількості накопичують важкі метали: Pb – 1,945–2,193 мг/кг, Cd – 0,178–0,198 мг/кг.

За даними зарубіжних авторів підтверджено, що основним шляхом надходження радіонуклідів до організму тварин після ядерної катастрофи є згодовування

ім забруднених кормів, тоді як повітря і споживання води були найбільш значущими для тварин за ранньої стадії ядерної аварії [16, с. 382; 17, с. 1368]. Через 1–2 місяці після проникнення в організм,  $^{137}\text{Cs}$  накопичується у м'яких органах і тканинах.

Дослідженнями встановлено різний рівень накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у продуктах забою бугайців залежно від кормового фактора (табл. 2).

Таблиця 2

### Питома активність $^{137}\text{Cs}$ у продуктах забою бугайців

Показники	Групи	
	контрольна (I)	дослідна (II)
Вміст $^{137}\text{Cs}$ у раціоні, Бк/добу	2397,4	2388,0
Вміст $^{137}\text{Cs}$ у м'язовій тканині, Бк/кг	28,2 ± 0,71	25,4 ± 0,33*
Вміст $^{137}\text{Cs}$ у печінці, Бк/кг	24,2 ± 0,74	27,4 ± 1,76
Вміст $^{137}\text{Cs}$ у нирках, Бк/кг	28,0 ± 3,12	30,0 ± 5,11

Примітка. \* $P > 0,95$

Так, за використання для годівлі бугайців пелюшки (II група) порівняно з горохом (I група), питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у найдовшому м'язі спини виявилася меншою на 9,9 % ( $P > 0,95$ ), а у печінці та нирках тварин більшою на 13,2 % та 7,1 % відповідно за невірогідної різниці ( $P < 0,95$ ).

Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у найдовший м'яз спини, печінку та нирки молодий м'яз відповідно ВРХ коливалися у межах 1,06–1,17; 1,00–1,14; 1,16–1,25 % відповідно (рис. 1).

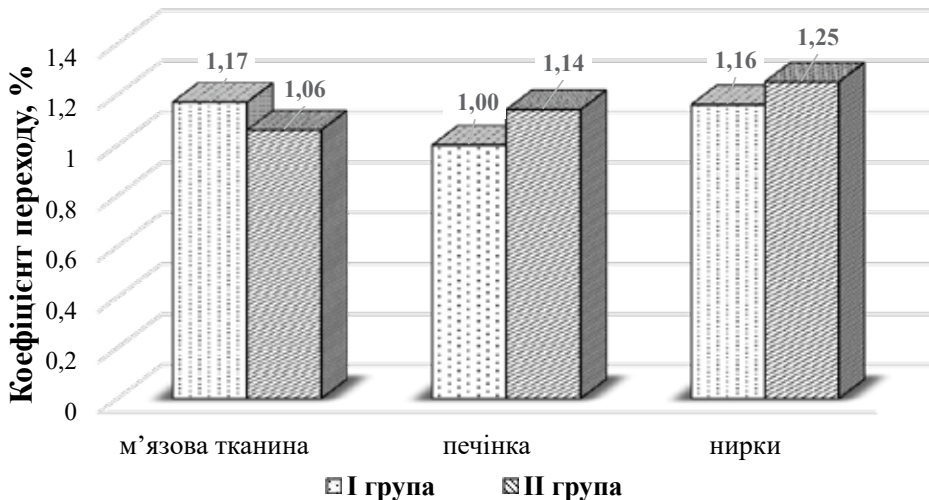


Рис. 1. Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у продукцію бугайців

Перехід  $^{137}\text{Cs}$  у м'язову тканину був найбільшим у бугайців контрольної групи – 1,17 %, а у печінку та нирки – у ровесників дослідної групи – 1,14 та 1,25 % відповідно.

Для годівлі піддослідних тварин використовували раціони із різними видами дерти бобових культур і концентрацією Pb у межах 29,37–29,63 мг/добу (табл. 2).

Таблиця 2

### Концентрація Pb у раціонах і продуктах забою бугайців

Показники	Групи	
	контрольна (I)	дослідна (II)
Вміст Pb у раціоні, мг/добу	29,37	29,63
Вміст Pb у м'язовій тканині, мг/кг	0,437 ± 0,021	0,321 ± 0,017*
Вміст Pb у печінці, мг/кг	0,566 ± 0,019	0,587 ± 0,024
Вміст Pb у нирках, мг/кг	0,298 ± 0,008	0,303 ± 0,017

Примітка. \* $P > 0,95$

Відповідно до прийнятих Державних санітарних правил і норм України «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» [18], гранично допустимий рівень (ГДК) свинцю у м'ясі становить 0,10 мг/кг, у печінці та нирках – 0,5 мг/кг. Результати обстежень показали, що накопичення Pb у найдовшому м'язі спини було більшим за ГДК у бугайців обох груп у 3,21–4,37 рази. Проте концентрація цього важкого металу у м'язовій тканині молодняка великої рогатої худоби II групи відносно ровесників I групи достовірно знизилася на 26,6 % ( $P > 0,95$ ). Вміст Pb у печінці тварин обох груп виявився також більшим за гранично допустимий рівень на 13,2–17,4 %. Тим не менш, згодування бугайцям раціонів із пелюшкою (II група) порівняно з контролем (I група) призвело до збільшення вмісту Pb у печінці та нирках на 3,7 % та 1,7 % відповідно.

Щодо переходу Pb із кормів раціону у найдовший м'яз спини молодняка великої рогатої худоби, то слід зауважити, що цей показник у тварин II (дослідної) групи виявився набагато нижчим, ніж у I (контрольній) групі (рис. 2).

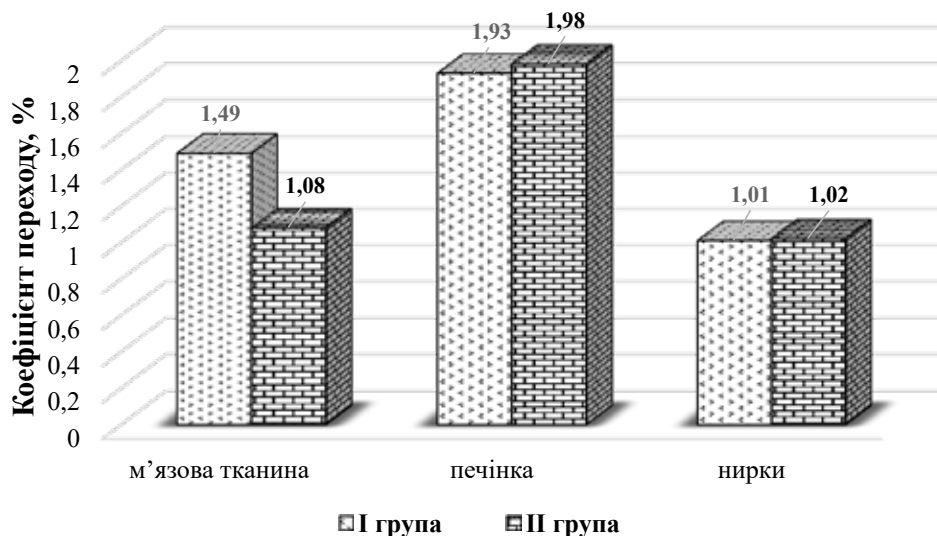


Рис. 2. Коефіцієнти переходу Pb у продукти забою бугайців

Так, коефіцієнт переходу Pb у м'язову тканину бугайців II групи становив 1,08 %, тоді як у контролі був вищим на 0,41 % абс. Використання у складі кормових раціонів дерті пелюшки зумовило інтенсивніший перехід Pb у печінку та нирки тварин II групи – 1,98 % та 1,02 % у порівнянні із 1,93 % та 1,01 % відповідно у ровесників I групи.

Споживання сіна, сінажу, зерноsumіші, кормових буряків та пелюшки збільшувало надходження Cd до організму тварин II групи на 0,021 мг/добу порівняно з ровесниками I групи (табл. 3).

Таблиця 3

**Концентрація Cd у раціонах і продуктах забою бугайців**

Показники	Групи	
	контрольна (I)	дослідна (II)
Вміст Cd у раціоні, мг/добу	2,897	2,918
Вміст Cd у м'язовій тканині, мг/кг	0,042 ± 0,005	0,021 ± 0,004*
Вміст Cd у печінці, мг/кг	0,072 ± 0,002	0,078 ± 0,003
Вміст Cd у нирках, мг/кг	0,105 ± 0,006	0,112 ± 0,011

Примітка. \*P > 0,95

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 0,021–0,042 мг/кг, що нижче за санітарно-гігієнічні вимоги на 16,0–58,0 %. Водночас у бугайців, які споживали у складі раціону дерть пелюшки (II група), порівняно із дерттю гороху (I група), спостерігалось зменшення накопичення Cd у найдовшому м'язі спини на 0,021 мг/кг, або на 50,0 % за суттєвої міжгрупової різниці (P > 0,95). Згодовування бугайцям на відгодівлі у складі раціону різних високобілкових кормів суттєвого впливу на вміст Cd у субпродуктах не мало. Так, за використання пелюшки порівняно із горохом, концентрація елемента збільшувалася у печінці та нирках на 8,3 % та 6,7 % відповідно при P < 0,95.

За введення до складу раціону пелюшки перехід Cd у найдовший м'яз спини тварин дослідної групи знижувався на 0,73 % абс. порівняно із контролем. Слід наголосити, що найбільше цього важкого металу накопичується у нирках тварин, далі – у печінці і, насамкінець, у найдовшому м'язі спини.

Результати наших досліджень показали, що основними забруднювачами м'яса, печінки і нирок тварин <sup>137</sup>Cs в умовах поліського регіону є грубі корми та силос, а вміст Pb і Cd у обстежених зразках досить високий, що негативно вплинуло на якість і безпечність продуктів забою бугайців.

Коефіцієнти переходу Cd у продукцію були невисокими і склали 0,72–1,45 % у м'язову тканину, 2,48–2,67 – печінку, 3,62–3,84 % – у нирки (рис. 3).

За даними досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних авторів [1 с. 36; 19, с. 762], перехід радіонуклідів і важких металів із кормів у продукцію залежить від екологічних та технологічних умов виробництва, виду і ступеня перетравності корму, віку і фізіологічного стану тварин, а також в значній мірі від рівня і повноцінності годівлі, збалансованості раціонів за речовинами, які володіють радіопротекторними (захисними) властивостями. Дані речовини підвищують стійкість організму до радіації, пришвидшують виведення радіонуклідів і важких металів,

понижують їх уміст у продукції. До таких речовин відносяться багато амінокислот (особливо сірковмісні), клітковина, мінеральні речовини, вітаміни, особливо А, Е, групи В, С [20 с. 2163; 21, с. 372]. Окрім того, підбір оптимального типу годівлі тварин сприяє значно меншому переходу радіонуклідів і важких металів у продукцію тваринництва, що підтверджується дослідженнями, проведеними на дійних коровах, молодняку великої рогатої худоби та свиней [12, с. 42; 22, с. 87].

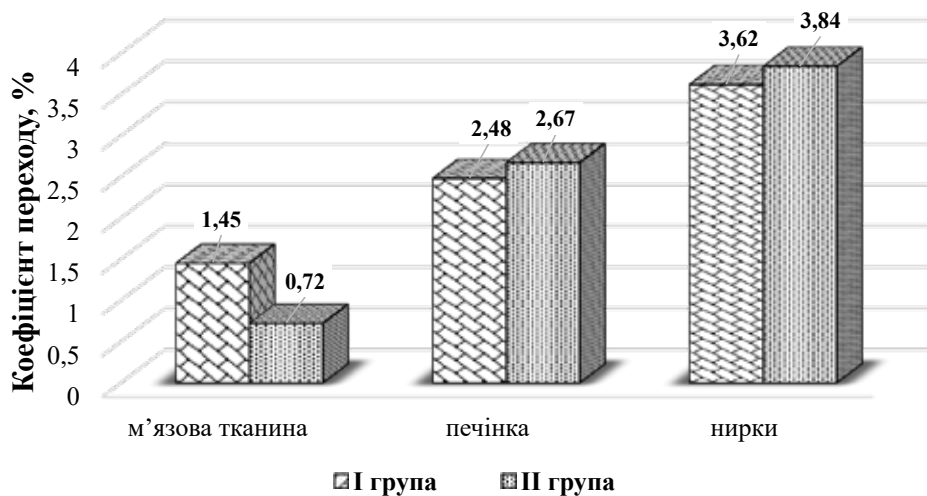


Рис. 3. Коефіцієнти переходу Cd у продукти забою бугайців

**Висновки.** Для оптимізації протеїнового живлення за використання молодняку великої рогатої худоби гороху і пелюшки питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у найдовшому м'язі спини, печінці і нирках піддослідних тварин коливалася по групах у межах 25,4–28,2 Бк/кг, 24,2–27,4 і 28,0–30,0 Бк/кг відповідно та не перевищувала допустимих рівнів (ДР-2006 = 200 Бк/кг). Водночас введення до складу раціону пелюшки, концентрація радіоцезію у м'язовій тканині бугайців II (дослідної) групи відносно контролю знижувалася на 2,8 Бк/кг, або на 9,9 % за статистично значущої різниці ( $P > 0,95$ ). До того ж коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  у м'язову тканину тварин II групи порівняно із ровесниками I групи також виявився меншим на 0,11 % абс. Концентрація Pb у найдовшому м'язі спини та печінці молодняку обох груп виявилася більшою за ГДК у 3,21–4,37 рази та на 13,2–17,4 % відповідно. Уведення до складу раціону 1,02 кг пелюшки замість такої ж кількості гороху за відгодовлі тварин у III зоні радіоактивного забруднення сприяє значно меншому вмісту і переходу важких металів у м'язову тканину: Pb – на 26,6 % і 0,41 % абс., Cd – на 50,0 % і 0,73 % абс. відповідно.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mamenko O. M., Portiannik S. V. Features of heavy metal excretion in dairy cows in agroecosystems around an industrial city and the production of environmentally safe milk. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 11(5). P. 29–43. DOI: [https://doi.org/10.15421/2021\\_207](https://doi.org/10.15421/2021_207).



2. Гудков І. М. Уроки Чорнобиля та сучасні проблеми радіобіології. *Чорнобильська катастрофа. Актуальні проблеми, напрями та шляхи їх вирішення* : зб. праць Міжнар. наук.-практ. конф. (22–23 квітня 2021 р.). Житомир, 2021. С. 21–26.
3. Quality of life of the population resident at the radioactively contaminated area in Zhytomyr Region / Romanchuk L. D., Herasymchuk L. O., Kovalova S. P. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. No. 9(4). P. 478–485. DOI: [https://doi.org/10.15421/2019\\_778](https://doi.org/10.15421/2019_778).
4. Monitoring of heavy metals in fodder and animal husbandry products of the Polissia zone of Ukraine / Savchuk I., Romanchuk L., Yashchuk I. et al. *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).
5. Biochemical indices of piglets blood under the action of feed additive «Butaselmavit-plus» / Martyshuk T. V., Guty B. V., Vishchur O. I., Todoruk V. B. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 2, No. 2. P. 27–30. DOI: <https://doi.org/10.32718/ujvas2-2.06>.
6. Evaluation of concentration of heavy metals in animal rearing system / Hejna M., Moscatelli A., Onelli E. et al. *Italian Journal Animal Science*. 2019. Vol. 18, No. 1. P. 1372–1384. DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1642806>
7. Nakagawa K., Imura T., Berndtsson R. Distribution of heavy metals and related health risks through soil ingestion in rural areas of western Japan. *Chemosphere*. 2022. Vol. 290. article 133316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133316>.
8. Маменко О. М., Портяник С. В. Вплив типів годівлі корів на вміст важких металів у молоці. *Наук. вісник ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького. Серія: Сільсько-господарські науки*. 2019. Т. 21, № 90. С. 38–48.
9. Heavy metal contamination of animal feed in Texas / Dai S. Y., Jones B., Lee K-M. et al. *Journal of Regulatory Science*. 2016. Vol. 4, No. 1. P. 21–32. DOI: <https://doi.org/10.21423/JRS-V04N01P021>.
10. Радіоекологічна оцінка раціонів при виробництві яловичини : монографія / Савченко Ю. І., Савчук І. М., Савченко М. Г., Карпюк Н. А. Житомир : Рута, 2017. 160 с.
11. Використання зернобобових на корм при виробництві молока і м'яса в зоні Полісся України : монографія / Савченко Ю. І., Савчук І. М., Савченко М. Г. та ін. ; за ред. Савченка Ю. І., Савчука І. М. Житомир : Рута, 2014. 206 с.
12. Жукорський О. М., Семенов С. О., Семенов Є. С. Вплив важких металів у раціонах на рівень їх накопичення в органах і тканинах забійних свиней, продуктивність та екскрецію аміачного азоту. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 12(789). С. 40–45.
13. 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. No. 154(15). P. 263–267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.058>.
14. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І. І. Ібатулліна, О. М. Жукорського. Київ : Аграрна наука, 2017. 328 с.
15. 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.
16. Beresford N. A., Howart B. J. Review of radionuclide transfer to farm animals and potential countermeasures relevant to emissions in Fukushima. *Integrated Environment Assessment and Management*. 2011. Vol. 7(3). P. 382–384. DOI: <https://doi.org/10.1002/ieam.235>.
17. Steinhauser G. Monitoring and radioecological characteristics of radiocesium in Japanese beef after the Fukushima nuclear accident. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2017. Vol. 311(2). P. 1367–1373. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10967-016-5021-0>.
18. Про внесення змін до Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» :

наказ МОЗ України від 22.05.2020 р. № 1238. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0684-20#Text>.

19. The Concentration of Selected Heavy Metals in Muscles, Liver and Kidneys of Pigs Fed Standard Diets and Diets Containing 60% of New Rye Varieties / Chalabis-Mazurek A., Valverde Piedra J. L., Muszynski S. et al. *Animals*. 2021. Vol. 11(5). P. 1377. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11051377>.

20. Review: Nutritional ecology of heavy metals / Hejna M., Gottardo D., Baldi A. et al. *Animal*. 2018. Vol. 12(10). P. 2156–2170. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111700355X>.

21. Moharrery A., Asadi E., Rezaei R. Performance characteristics and nutritional comparison of broiler chickens fed with barley and triticale based diets. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 2015. Vol. 5(2). P. 369–376. URL: [https://ijas.rasht.iau.ir/article\\_51333.html](https://ijas.rasht.iau.ir/article_51333.html).

22. Safety of livestock products of bulls on various diets during fattening in the conditions of radioactive contamination / Savchuk I., Skydan O., Stepanenko V. et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021. Vol. 12(1). P. 86–91. DOI: <https://doi.org/10.15421/022113>.

---