

ВМІСТ Pb I Cd В КОРМАХ ТА ЇХ ПЕРЕХІД У МОЛОКО ЗА РІЗНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ

Ковальова Світлана Петрівна

кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
Інститут сільського господарства Полісся
Національної академії аграрних наук України, м. Житомир, Україна
ORCID: 0000-0003-1858-625X
svitlanakovalova2@gmail.com

Внаслідок бойових дій на території України, аварії на Чорнобильській атомній електростанції та інших техногенних порушень, виникла зростаюча загроза здоров'ю тварин та людей. Важлива роль у цьому процесі належить антропогенному надходженню у біосферу важких металів, які володіють високою токсичністю, здатністю нагромаджуватися в організмі тварин і людей, викликати шкідливі ефекти навіть у низьких концентраціях. Проведення моніторингу забруднення кормів і молока важкими металами (Pb і Cd) здійснено у сільськогосподарських підприємствах Житомирської області із різним рівнем продуктивності корів: ПАФ «Єрчики» із добовим надоєм 20–22 кг молока та ДПДГ «Нова Перемога» із добовим надоєм 13–14 кг молока. Тип годівлі тварин в обох господарствах – силосно-сінажно-сінно-концентратний. Підготовка відібраних проб кормів і молока корів для визначення в їх складі важких металів проведена методом сухої мінералізації згідно ДСТУ 7670:2014, ДСТУ 8123:2015, аналіз – на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Квант-2А». Результати проведених досліджень щодо вмісту Pb і Cd у середніх зразках кормових культур наглядно свідчать про наявність істотних коливань важких металів у межах господарств і кормів. Висока концентрація Pb і Cd виявлена у ґрубих кормах та соняшниковій макусі і шроті – 1,238–3,639 мг/кг і 0,199–0,404 мг/кг та 1,904–2,464 мг/кг і 0,408–0,908 мг/кг відповідно. Окрім того, сіно люцерни та макуха і шрот соняшникові перевищували ГДК за вмістом Cd у 1,35–3,03 рази. Корми, заготовлені у ПАФ «Єрчики» порівняно з ДПДГ «Нова Перемога», містять значно більшу кількість Pb і Cd: у сіні люцерни – у 2,42 рази і 1,68 рази, соломі ячмінній – 1,23 і 1,21, силосі кукурудзяному – 1,61 і 2,23, сінажі люцерни – 1,24 і 1,56, у макусі і шроті соняшникових – у 1,29 рази і 2,22 рази відповідно. За результатами аналізу молока в обох господарствах встановлено перевищення нормативних вимог за вмістом Pb в 1,02–1,86 рази та Cd – у 1,30 рази (ПАФ «Єрчики»). Найбільші показники накопичення і переходу важких металів із кормів раціону у молоко відмічені у господарстві із вищою продуктивністю корів.

Ключові слова: корови, молоко, корми, важкі метали, п्लумбум, кадмій, коефіцієнти переходу.

DOI <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2025.1.4>

Вступ. З початку повномасштабного вторгнення росії в Україну екологічна безпека в умовах воєнного стану носить глобальну проблему, через можливість гуманітарної катастрофи внаслідок бойових дій. Для населення України через використання зброї масового знищення існує загроза хімічної, біологічної та ядерної катастроф (Найдьонова, 2023). Окрім того, аналіз екологічної ситуації в Україні свідчить про те, що забруднення довкілля важкими металами за останні десятиліття збільшилося у кілька разів і за прогнозами – продовжуватиме зростати (Кушнір і Оніпко, 2018). Антропогенний вплив на агроєкосистеми навколо промислових міст, у тому числі через інтенсифікацію ведення традиційного землеробства, на жаль, посилюється в різних країнах світу (Bigalke et al., 2017). Велику небезпеку в сучасній екосистемі, як вказують M.J. Notten та ін., V. Brygadyrenko і V. Ivanyshyn, S. Acheampong (Notten et al., 2005; Brygadyrenko & Ivanyshyn, 2015; Acheampong, 2023) становить забруднення ґрунтів такими елементами як Pb, Cd, Cu, Zn.

Потрапляння важких металів у ґрунт може призвести до накопичення небажаних для сільськогосподарських угідь концентрацій, поставити під загрозу родючість, перехід таких полютантів 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 (Vardhan et al., 2019; Bartkowiak,

2021). За даними літературних джерел відомо, що корми є основним джерелом надходження до організму тварин важких металів і можуть сягати до 99% від їх загальної кількості (Hlihor et al., 2022; Сачко та ін., 2013).

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 (Bakhrillaeva & Razamuradov, 2022). Важкі метали є потенційно небезпечними через їх токсичність, біоаккумуляцію та біозбільшення, коли вони знаходяться в живих тканинах і накопичуються більше, ніж виводяться з організму (Dai et al., 2016).

За даними авторів (Mamenko & Portiannik, 2021), у зонах з високим антропогенним тиском, з метою зменшення накопичення шкідливих речовин в організмі тварин і отримання екологічно безпечної продукції тваринництва, дуже важливо балансувати раціони тварин за протеїном, мікроелементами та вітамінами. Установлено, що за дефіциту цукру, протеїну, мінеральних речовин у раціонах, і, як наслідок, низькій продуктивності тварин, накопичення ¹³⁷Cs і важких металів у молоці та м'ясі значно збільшуються порівняно з повноцінною годівлею (Savchuk et al., 2121).

Складна екологічна ситуація та широкий спектр біологічної і токсичної дії важких металів вимагають про-

ведення ряду заходів, які б запобігли трансформації шкідливих речовин до організму тварин, підвищили їх продуктивність та безпеку вироблених харчових продуктів в умовах українського Полісся (Hashemi, 2018; Rogeman et al., 17).

Мета досліджень – встановити накопичення і перехід важких металів (Pb, Cd) із кормів раціону в молоко корів у господарствах з різною інтенсивністю ведення молочного скотарства та продуктивністю тварин.

Матеріали і методи досліджень. Експериментальну частину досліджень виконували у двох сільськогосподарських підприємствах Житомирської області: ДПДГ «Нова Перемога» та ПАФ «Єрчики».

Приватна агрофірма «Єрчики» – це багатогалузеве господарство інтенсивного типу, основними напрямками якого є виробництво зерна, кормовиробництво, племінне молочне та м'ясне скотарство. Урожайність зернових і зернобобових культур за останні роки коливається у межах 56,5–74,2 ц/га, надій молока від корови за рік – 6000–6500 кг, виробництво кормів на одну умовну голову – 52,0–54,0 ц кормових одиниць.

Державне підприємство дослідне господарство «Нова Перемога» – господарство менш інтенсивного типу. Основні напрями діяльності його – племінне молочне скотарство та виробництво елітного насіння. Урожайність зернових і зернобобових культур становить 43,2–52,0 ц/га, а молочна продуктивність корів за рік коливається у межах 4000–4500 кг молока за виробництва кормів на одну умовну голову не більше 42,3–46,0 ц кормових одиниць.

Експериментальні дослідження на повновікових дійних коровах української чорно-рябої молочної породи проводили у зимово-стійловий період утримання. Годівля піддослідних тварин у ПАФ «Єрчики» і ДПДГ «Нова Перемога» триразова, до складу раціонів входили сіно злакове і люцерни, солома ячмінна, сінаж люцерни, силос кукурудзяний, зерноsumіш, макуха і шрот соняшникові, меляса кормова, сіль кухонна. Тип годівлі дійних корів в обох господарствах однаковий – силосно-сінажно-сінно-концентратний. Раціони збалансовані за основними показниками поживності і розраховані на отримання середньодобових надойв молока у межах 20–22 кг (ПАФ «Єрчики») та 13–14 кг (ДПДГ «Нова Перемога»).

Зразки кормів у господарствах відбирали у поліетиленові пакети, на яких були етикетки із назвою господарства, назвою корму, датою відбору. Середня маса зразка кормів для досліджень становила 1,5 кг. Молоко дійних корів відбирали після вранішнього доїння у стерильні скляні банки з етикетками об'ємом 1 л. На кожну ємкість приклеювали етикетку, на якій вказували місце відбору, час відбору, номер зразка. Відбір проб кормів здійснювали згідно ДСТУ ISO 6497:2005 (ДСТУ, 2005), молока – ДСТУ ISO 707:2002 (ДСТУ, 2003).

Підготовка зразків рослинного та тваринного походження для визначення важких металів здійснювалась методом сухої мінералізації згідно ДСТУ 7670:2014, ДСТУ 8123:2015, аналіз – на атомно-абсорбційному спектрометрі «Квант-2А».

Коефіцієнти переходу (КП) важких металів (Pb, Cd) у ланцюгу «раціон – продукція (молоко)» визначали за формулою: $KP = \frac{V_{вмп}}{V_{вмр}} \times 100$, де КП – коефіцієнт переходу; $V_{вмп}$ – вміст важких металів у продукції тварин, мг/кг; $V_{вмр}$ – вміст важких металів у добовому раціоні, мг (Маменко і Портяник, 2019). Даний коефіцієнт є відносним інтегрованим показником, котрий у % відображає міграцію важких металів із раціону у продукцію.

Матеріали досліджень обробляли методом варіаційної статистики на основі розрахунку середнього арифметичного (M), середньоквадратичної похибки (m) та достовірності різниці між порівнювальними показниками (P) (Рубан та ін., 2020).

Результати досліджень. Дослідження вмісту важких металів у трофічному ланцюгу корми → організм тварин → продукція (молоко та м'ясо) у різних біогеохімічних провінціях України є актуальними й необхідними з огляду з'ясування їх розповсюдження у навколишньому середовищі, вивчення біогенної міграції полутантів та процесу накопичення у тваринницькій продукції.

Уміст важких металів у кормах, що входять до раціону годівлі тварин, може спричинити хронічну інтоксикацію організму, накопичення шкідливих речовин в органах і тканинах, міграцію у молоко та м'ясо (Toth et al., 2016). Проведені дослідження в господарствах поліської зони України свідчать про те, що вміст Pb і Cd у кормах суттєво залежить як від їх виду, так і технології вирощування та заготівлі (табл. 1).

Плюмбум є одним із найбільш токсичних і небезпечних важких металів, який включений до списку пріоритетних забруднювачів навколишнього середовища багатьма міжнародними організаціями (Ali et al., 2019). Потрапивши в організм, він з кров'ю розноситься у всі органи і тканини, депонується у кістках у вигляді триосновного фосфату Pb, звідки може знову потрапляти у кров за несприятливих для організму умов. Ознаки отруєння Pb проявляються вже за концентрації у крові 200–400 мкг/л (Yabe et al., 2015).

За результатами проведених досліджень встановлено, що із усіх обстежених кормів найбільше накопичують Pb грубі корми – сіно злакове і люцерни та солома ячмінна (1,238–3,639 мг/кг). Завезені у ДПДГ «Нова Перемога» та ПАФ «Єрчики» макуха і шрот соняшникові також містять значну кількість цього елемента – 1,904–2,464 мг/кг. В інших кормах вміст Pb варіює у межах від 0,350–0,564 мг/кг (силос кукурудзяний) до 1,080–1,342 мг/кг (сінаж люцерни). Слід зазначити, що корми, заготовлені у ПАФ «Єрчики» порівняно з ДПДГ «Нова Перемога», містять значно більшу кількість Pb: у сіні люцерни – у 2,42 рази ($P > 0,999$), солоній ячмінній – 1,23 ($P > 0,95$), силосі кукурудзяному – 1,61 ($P > 0,95$), сінажі люцерни – 1,24 ($P < 0,95$), зерноsumіші – 1,01 ($P < 0,95$), у макусі і шроті соняшникових – у 1,29 рази ($P > 0,99$). Водночас ні один із проаналізованих видів кормів не перевищував гранично допустимої концентрації за цим елементом (5,0 мг/кг).

Кадмій відносять до другого класу небезпеки – високонебезпечні речовини (Lavryshyn et al., 2018). Як і більшість інших важких металів, Cd шкідливо впли-

Концентрація важких металів у кормах, мг на 1 кг натурального корму (n=5; M ± m)

Корми	ДПДГ «Нова Перемога»		ПАФ «Єрчики»	
	Важкі метали			
	Pb	Cd	Pb	Cd
Сіно люцерни	1,502±0,061	0,240±0,015	3,639 ± 0,064***	0,404 ± 0,058*
Сіно злакове	–	–	2,960±0,097	0,290±0,053
Солома ячмінна	1,238±0,065	0,199±0,028	1,521 ± 0,077*	0,241±0,045
Силос кукурудзяний	0,350±0,010	0,052±0,004	0,564 ± 0,054*	0,116 ± 0,009**
Сінаж люцерни	1,080±0,057	0,153±0,022	1,342±0,209	0,238 ± 0,008*
Зерноsumіш	1,046±0,133	0,227±0,030	1,055±0,417	0,133 ± 0,024*
Макуха і шрот соняшникові	1,904±0,067	0,408±0,042	2,464 ± 0,101**	0,908 ± 0,015***
Меяса кормова	–	–	0,786±0,083	0,118±0,031
ГДК	5,0	0,3	5,0	0,3

Примітка: *P > 0,95; **P > 0,99; ***P > 0,999.

ває на життєві системи організму людини і тварин, спричиняючи патологічні зміни у тканинах і органах (нирки, легені, кісткова тканина, органи репродуктивної й ендокринної систем), пригнічуючи процес еритропоєзу (Peng, 2015). Особливістю біологічної дії Cd є його здатність негативно впливати на здоров'я тварин при тривалому впливі низьких рівнів забруднення через високий коефіцієнт біологічної кумуляції (до 40 років) (Lavrushyn & Gutyi, 2019).

Кадмій має високу рухомість, швидко засвоюється рослинами і нагромаджується в їх вегетативній масі. Найвища концентрація Cd виявлена у соняшниковій макусі і шроті – 0,408–0,908 мг/кг, що перевищує нормативні вимоги в 1,36–3,03 рази. Встановлено суттєве накопичення Cd у грубих кормах: сіні люцерни і злаковому – 0,240–0,404 мг/кг, соломі ячмінній – 0,199–0,241 мг/кг. До того ж сіно люцерни, заготовлено у ПАФ «Єрчики», за вмістом Cd виявилось більшим за ГДК на 34,7%. Концентрація Cd у силосі кукурудзяному, сінажі люцерни і зерноsumіші за середнім значенням становила 0,052–0,116 мг/кг, 0,153–0,238 і 0,133–0,227 мг/кг відповідно, що дещо нижче за нормативні вимоги (0,3 мг/кг).

За результатами проведених досліджень встановлено, що корми ПАФ «Єрчики» порівняно із кормами ДПДГ «Нова Перемога», містять значно більшу кількість Cd: у сіні люцерни – у 1,68 рази (P > 0,95), соломі ячмінній – 1,21 (P < 0,95), силосі кукурудзяному – 2,23 (P > 0,99), сінажі люцерни – 1,56 (P > 0,95), у макусі і шроті соняшникових – у 2,22 рази (P > 0,999). Уміст Cd у зерноsumіші ДПДГ «Нова Перемога» був більшим за такий же показник ПАФ «Єрчики» у 1,71 рази (P > 0,95).

Високий вміст Cd у кормах можна пояснити значним внесенням у ґрунт мінеральних добрив. Так, за даними ряду авторів (Zhao et al., 2024; Wiggenhauser et al., 2019), застосування мінеральних фосфорних добрив може призвести до накопичення Cd у ґрунтах і збільшити його концентрацію Cd у кормових і зернових культурах. За їх результатами встановлено, що із внесеного кадмію до сходів пшениці потрапляло максимум 2,2%, а у коренях і ґрунті залишалося 97,8%. Низьке відновлення кадмію, отриманого із добрив, свідчить про те, що безперервне внесення фосфорних добрив протягом останніх десяти-

тиліть може призвести до накопичення залишкового запасу кадмію у ґрунтах.

Для годівлі корів зимово-стійлового періоду утримання у господарствах використовували раціони із різними видами кормових засобів з концентрацією Pb у межах 29,540–45,063 мг/добу (табл. 2). Цей показник у ПАФ «Єрчики» був більшим на 15,523 мг/добу (на 52,5%), ніж у ДПДГ «Нова Перемога».

Відповідно до прийнятих Державних санітарних правил і норм України «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» (Наказ, 2020), гранично допустимий рівень (ГДК) свинцю у молоці становить 0,10 мг/кг. Результати обстежень показали, що накопичення Pb у молоці дійних корів у ДПДГ «Нова Перемога» було на рівні ГДК (0,102 мг/кг), тоді як у ПАФ «Єрчики» цей показник перевищував санітарно-гігієнічні вимоги у 1,86 рази. Водночас концентрація Pb у молоці корів, які утримувалися у ПАФ «Єрчики» порівняно із молоком, виробленим у ДПДГ «Нова Перемога», також виявилася більшою на 0,084 мг/добу за високодостовірної різниці (P > 0,999).

Щодо переходу Pb із кормів раціону у молоко лактуючих корів, то слід зауважити, що цей показник у тварин ДПДГ «Нова Перемога» виявився нижчим на 0,07% абс., ніж у ПАФ «Єрчики» (рис. 1).

Як свідчать наведені дані, найбільший вміст і перехід Pb у молоко дійних корів відмічено у господарстві із інтенсивним веденням молочного скотарства (ПАФ «Єрчики»).

Споживання дійними коровами грубих, вуглеводистих і концентрованих кормів у ПАФ «Єрчики» збільшувало надходження Cd до їх організму на 3,454 мг/добу порівняно із тваринами ДПДГ «Нова Перемога» (табл. 3).

Проведені дослідження показали, що концентрація Cd у молоці корів, які утримувалися у ПАФ «Єрчики», перевищувала ГДК на 30,0%, тоді як вміст цього елемента у молоці тварин ДПДГ «Нова Перемога» був значно меншим санітарно-гігієнічних вимог (0,03 мг/кг). До того ж уміст Cd у молоці корів між обстеженими господарствами суттєво різнився: ДПДГ «Нова

Концентрація Pb у раціонах і молоці корів (n=9-21; M±m)

Господарства	Концентрація Pb			
	середньодобовий раціон, мг	молоко, мг/кг	± до контролю	
			мг/кг	%
ДПДГ «Нова Перемога»	29,540	0,102±0,007	–	–
ПАФ «Єрчики»	45,063	0,186±0,010***	+0,084	+82,3
ГДК	–	0,10	–	–

Примітка: ***P > 0,999.

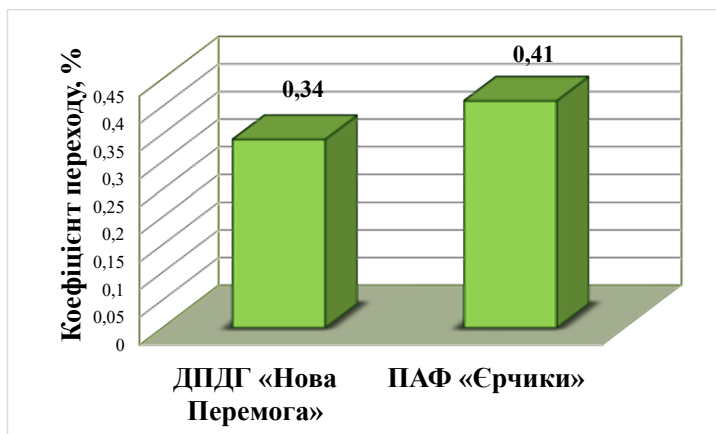


Рис. 1. Коефіцієнти переходу Pb із кормів раціону в молоко корів

Концентрація Cd у раціонах і молоці корів (n=9-12; M±m)

Господарства	Концентрація Cd			
	середньодобовий раціон, мг	молоко, мг/кг	± до контролю	
			мг/кг	%
ДПДГ «Нова Перемога»	4,801	0,021±0,002	–	–
ПАФ «Єрчики»	8,255	0,039±0,002***	+0,018	+85,7
ГДК	–	0,03	–	–

Примітка: ***P > 0,999.

Перемога» – 0,021 мг/кг, ПАФ «Єрчики» – 0,039 мг/кг, що більше за показник попереднього господарства на 85,7% (P > 0,999).

Коефіцієнти переходу Cd у молоко були невисокими і склали 0,44–0,47% відповідно (рис. 2).

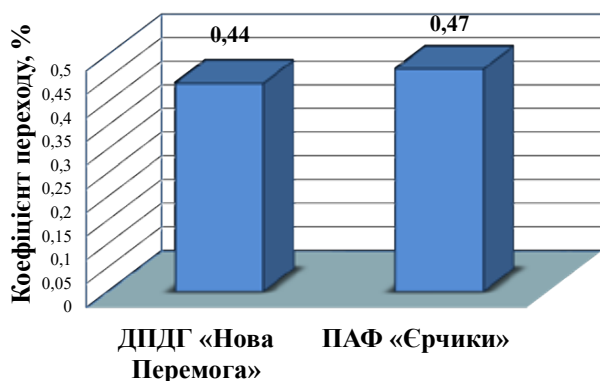


Рис. 2. Коефіцієнти переходу Cd із кормів раціону в молоко корів

Слід наголосити, що коефіцієнти переходу цього важкого металу у молоко обох господарств незначно залежали від вмісту Cd в середньодобових раціонах та молочної продуктивності корів.

Таким чином, аналіз екологічної якості молока, яке виробляється у господарствах Житомирщини, засвідчив, що концентрація Pb і Cd у продукції дійних корів у більшості проаналізованих проб перевищує санітарно-гігієнічні вимоги. Тому для одержання молока у межах діючих санітарно-гігієнічних вимог нагальною проблемою залишається зменшення накопичення важких металів у кормах для годівлі тварин.

Отримані результати досліджень узгоджуються з даними інших дослідників (Жукорський та ін., 2018; Savchuk et al., 2021), які вивчали вплив важких металів у раціонах на рівень їх накопичення в органах і тканинах забійних свиней. За їх даними, наявність у кормових раціонах важких металів у 10 разів більше максимально допустимого рівня, призводить до накопичення Pb і Cd переважно у кістках, печінці, нирках та м'ясі тварин. А за

повідомленнями вітчизняних авторів (Маменко і Портяник, 2019; 2020), за виробництва коров'ячого молока при згодовуванні тваринам забруднених кормів є більш екологічно безпечним використання раціонів силосно-коренеплодного типу, у яких відбувається менший перехід важких металів у молочну сировину. У закордонних дослідників також викликає занепокоєння вміст важких металів у продуктах тваринного походження. Так, за результатами проведених досліджень 1066 зразків свіжого м'яса (свинина, яловичина, баранина та птиця), встановлено середні рівні концентрації важких металів: Pb – 0,029 мг/кг, Cd – 0,002 мг/кг сирової ваги (Han et al., 2022).

Висновки. Екологічна ситуація на теренах Житомирщини залишається складною, що підтверджується високим вмістом важких металів у кормах та молоці корів. Висока концентрація Pb і Cd виявлена у грубих кор-

мах та соняшниковій макусі і шроті – 1,238–3,639 мг/кг і 0,199–0,404 мг/кг та 1,904–2,464 мг/кг і 0,408–0,908 мг/кг відповідно. Окрім того, сіно люцерни та макуха і шрот соняшникові перевищували ГДК за вмістом Cd у 1,35–3,03 рази. Корми, заготовлені у ПАФ «Срчики» порівняно з ДГДГ «Нова Перемога», містять значно більшу кількість Pb і Cd: у сіні люцерни – у 2,42 рази і 1,68 рази, соломі ячмінній – 1,23 і 1,21, силосі кукурудзяному – 1,61 і 2,23, сінажі люцерни – 1,24 і 1,56, у макусі і шроті соняшникових – у 1,29 рази і 2,22 рази відповідно. За результатами аналізу молока в обох господарствах встановлено перевищення нормативних вимог за вмістом Pb в 1,02–1,86 рази та Cd – у 1,30 рази (ПАФ «Срчики»). Найбільші показники накопичення і переходу важких металів із кормів раціону у молоко відмічені у господарстві із вищою продуктивністю корів.

Бібліографічні посилання:

1. Acheampong, S. (2023). Heavy Metals' Poisoning in Farm Animals. Chapters, in: Basim A. Almayyahi (ed.), Heavy Metals – Recent Advances, IntechOpen. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.110498>.
2. Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, vol. 2019, pp. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/6730305>.
3. Bakhrillaeva, M., & Razamuradov Z. (2022). The Negative Effect of Heavy Metal Salts on the Body of Mammal Animals. *Open Journal of Animal Sciences*, vol. 12, no. 4, pp. 704–711. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojas.2022.124048>.
4. Bartkowiak, A. (2021). Influence of Heavy Metals on Quality of Raw Materials, Animal Products, and Human and Animal Health Status. *Environmental Impact and Remediation of Heavy Metals*, pp. 1–7. Doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.102497>.
5. Bigalke, M., Ulrich, A., Rehmus, A., & Keller, A. (2017). Accumulation of cadmium and uranium in arable soils in Switzerland. *Environmental Pollution*, no. 221, pp. 85–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.035>.
6. Brygadyrenko, V., & Ivanyshyn, V. (2015). Chandes in the body mass of Megaphyllum kievense (Diplopoda, Julidae) and the granulometric composition of leaf litter subject to different concentrations of copper. *Journal of Forest Science*, vol. 61(9), pp. 369–376. DOI: <https://doi.org/10.17221/36/2015-JFS>.
7. Dai, S.Y., Jones, B., Lee, K-M., Li, W., Post, L., & Herrman, T.J. (2016). Heavy metal contamination of animal feed in Texas. *Journal of Regulatory Science*, vol. 4, no. 1, pp. 21–32. DOI: <https://doi.org/10.21423/JRS-V04N01P021>.
8. DSTU ISO 6497:2005 (2005). Kormy dlya tvaryn. Metody vidbyrannya prob (ISO 6497:2002, IDT) [Fodder for animals. Sampling methods (ISO 6497:2002, IDT)]. Kyiv: DP «UkrNDNTS». (in Ukrainian).
9. DSTU ISO 707:2002 (2003). Moloko i molochni produkty. Nastanova z vidbyrannya prob [Milk and dairy products. Guidelines for sampling]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny. (Natsional'nyy standart Ukrayiny). (in Ukrainian).
10. DSTU 7670:2014 (2015). Syrovyna i produkty kharchovi. Hotuvannya prob. Mineralizatsiya dlya vyznachennya vmistu toksychnykh elementiv [Raw materials and food products. Preparation of samples. Mineralization to determine the content of toxic elements]. Kyiv: Minekonomrozvytku. (in Ukrainian).
11. Han, J.L., Pan, X.D., & Chen, Q. (2022). Distribution and safety assessment of heavy metals in fresh meat from Zhejiang, China. *Scientific Reports*, no. 12:3241, pp. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07214-3>.
12. 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*, vol. 154 (15), pp. 263–267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.058>.
13. Hlihor, R.M., Rosca, M., Hagi-Zaleschi, L., Simion, I.M., Daraban, G.M., & Stoleru, V. (2022). Medicinal Plant Growth in Heavy Metals Contaminated Soils: Responses to Metal Stress and Induced Risks to Human Health. *Toxics*, vol. 10, issue 9, pp. 499. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics10090499>.
14. Kushnir, S. O. and Onipko, A. D. (2018). Ekolohichna sytuatsiya v Ukrayini: analiz problem ta finansuvannya napryamkiv yikh podolannya [Environmental situation in Ukraine: analysis of problems and financing directions for overcoming them]. *Ekonomichnyy prostir*, no. 136, pp. 191–201. (in Ukrainian).
15. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Palyadichuk, O., & Vishchur, V. (2018). Morphological blood indices of bulls in experimental chronic cadmium toxicosis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, no. 20 (88), pp. 108–114. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet8820>.
16. Lavryshyn, Y., & Gutyj, B. (2019). Protein synthesize function of bulls liver at experimental chronic cadmium toxicity. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, no. 21(94), pp. 92–96. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet9417>.
17. Mamenko, O.M. and Portyanyk, S.V. (2019). Vplyv typiv hodivli koriv na vmist vazhkykh metaliv u molotsi [The influence of types of cow feeding on the content of heavy metals in milk]. *Naukovyy visnyk LNUVMB imeni S.Z. Hzhys'koho. Seriya: Sil'skohospodars'ki nauky*, vol. 21, no. 90, pp. 38–48. (in Ukrainian).

18. Mamenko, O.M. and Portyanyk, S.V. (2020). Produktivnist' koriv za alimentarnoho nadkhodzheniya v orhanizm vazhkykh metaliv [Productivity of cows under dietary intake of heavy metals]. *Tekhnolohiya vyrobnytstva i pererobky produktivnyy tvarynnytstva*, no. 1, pp. 46–62. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-46-62>. (in Ukrainian).
19. Mamenko, O.M., & Portiannik, S.V. (2021). 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*, vol.1 1(5), pp. 29–43. DOI: https://doi.org/10.15421/2021_207.
20. Nakaz MOZ Ukrainyiny vid 22.05.2020 r. №1238 Derzhavni sanitarni pravyla i normy «Maksymal'no dopustymy rivni okremykh zabrudnyuyuchykh rechovyn u kharchovykh produktakh» [Order of the Ministry of Health of Ukraine dated May 22, 2020 No. 1238 State sanitary rules and regulations "Maximum permissible levels of certain pollutants in food products"].(in Ukrainian).
21. Nayd'onova, O.O. (2023). Ekolohichni problemy Ukrainy: naslidky viyny [Elektronnyy resurs] : vebliohrafichnyy pokazhchyk [Ecological problems of Ukraine: consequences of the war [Electronic resource]: webliographic index]. *Kropyvnyts'kyi* : TSNTU, 19. (in Ukrainian).
22. Notten, M.J., Oosthoek, A.J., Rozema, J., & Aerts, R. (2005). Heavy metal concentrations in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient. *Environmental Pollution*, no. 138 (1), pp. 178–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.01.011>.
23. Peng, L., Wang, X., Huo, X., Xu, X., Lin, K., Zhang, J., Huang, Y., & Wu, K. (2015). Blood cadmium burden and the risk of nasopharyngeal carcinoma: a case-control study in Chinese Chaoshan population. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22(16), pp.12323–12331. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4533-4>.
24. Razanov, S., Piddubna, A., Gucol, G., Symochko, I., Kovalova, S., Bakhmat, M., & Bakhmat, O. (2022). Estimation of heavy metals accumulation by vegetables in agroecosystems as one of the main aspects in food security. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, vol. 12(3), pp. 159–164. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeec12.320>.
25. Roggeman, S., De Boeck, G., De Cock, H., Blust, R., & Bervoets, L. (2014). Accumulation and detoxification of metals and arsenic in tissues of cattle (*Bos Taurus*), and the risks for human consumption. *Science of The Total Environment*, vol. 466–467, pp. 175–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.007>.
26. Ruban, S.YU., Danshyn, V.O., Lytvynenko, T.V., Borshch, O.O., Mitiohlo, I.D., Yakubets', T.V. and Matvyeyev, M.A. (2020). Suchasni metody selektsiyi v tvarynnytstvi : navchal'nyy posibnyk z metodiv analizu danykh [Modern methods of breeding in animal husbandry: a tutorial on methods of data analysis]. *Kyiv: Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*, 212 p. (in Ukrainian).
27. Sachko, R.H., Lesyk, Y.V., Pylypets', A.Z., Hrabovs'ka, O.S., & Venhryn, A.V. (2013). Vmist vazhkykh metaliv u hruntii, kormakh ta biolohichnomu materialu v ahroekolohichnykh umovakh Lisostepu ta Polissya [The content of heavy metals in soil, fodder and biological material in the agro-ecological conditions of the Forest-Steppe and Polissia]. *Naukovyy visnyk LNUVMB imeni S.Z. Hzhys'koho*, vol. 15, no. 3 (57), pp. 415–420. (in Ukrainian).
28. Savchuk, I., Skydan, O., Stepanenko, V., Kryvyi, M., & Kovaleva S. (2021). Safety of livestock products of bulls on various diets during fattening in the conditions of radioactive contamination. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, vol. 12 (1), pp. 86–91. DOI:<https://doi.org/10.15421/022113>.
29. Savchuk, I.M., Kovaliova, S.P., Kucher, D.M., & Yashchuk, I.V. (2021). Influence of mineral sorbent on the accumulation of ¹³⁷Cs, Pb and Cd in the muscle tissue and liver of pigs. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 11 (4), pp. 41–47. DOI: https://doi.org/10.15421/2021_183.
30. Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M.R., & Montanarella, L. (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*, vol. 88, pp. 299–309. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017>.
31. Vardhan, K.H., Kumar, P.S., & Panda, R.C. (2019). A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*, vol. 290, pp. 111197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111197>.
32. Wiggenhauser, M., Bigalke, M., Imseng, M., Keller, A., Rehkämper, M., Wilcke, W., & Frossard E. (2019). Using isotopes to trace freshly applied cadmium through mineral phosphorus fertilization in soil-fertilizer-plant systems. *Science of Total Environment*, vol. 648, pp. 779–786. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.127>.
33. Yabe, J., Nakayama, S.M.M., Ikenaka, Y., Yohannes, Y.B., & Bortey-Sam, N. [et al.] (2015). Lead poisoning in children from townships in the vicinity of a lead-zinc mine in Kabwe, Zambia. *Chemosphere*, vol. 119, pp. 941–947. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.09.028>.
34. Zhao, by X., Li, L., Xue, L., Hu, Y., & Han, J. (2024). The effect of fertilizers on soil total and available cadmium in China: a meta-analysis. *Agronomy*, vol. 14, issue 5, pp. 978. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14050978>.
35. Zhukors'kyi, O.M., Semenov, S.O. and Semenov, YE.S. (2018). Vplyv vazhkykh metaliv u ratsionakh na rivni yikh nakopychennya v orhanakh i tkanynakh zabiynykh svynei, produktyvnist' ta ekskretsiiu amiachnoho azotu [The influence of heavy metals in diets on the level of their accumulation in the organs and tissues of slaughter pigs, productivity and excretion of ammonia nitrogen]. *Visnyk ahraryoi nauky*, no.12, pp. 40–45. (in Ukrainian).

Kovalova S. P., *Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher Officer, Polissia Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Zhytomyr, Ukraine*

The content of Pb and Cd in feed and their transition into milk at different productivity of cows

As a result of hostilities in Ukraine, the accident at the Chernobyl nuclear power plant and other man-made disturbances, a growing threat to the health of animals and people has arisen. An important role in this process belongs to the anthropogenic entry into the biosphere of heavy metals, which are highly toxic, have the ability to accumulate in the body of animals

and people, and cause harmful effects even in low concentrations. Monitoring of feed and milk contamination with heavy metals (Pb and Cd) was carried out in agricultural enterprises of Zhytomyr region with different levels of cow productivity: PAF "Yerchyki" with a daily milk yield of 20–22 kg of milk and DPDG "Nova Peremoga" with a daily milk yield of 13–14 kg of milk. The type of animal feeding in both farms is silage-hay-hay-concentrate. Preparation of selected samples of feed and cow milk for determination of heavy metals in their composition was carried out by the method of dry mineralization according to DSTU 7670:2014, analysis – on an atomic absorption spectrophotometer "Kvant-2A". The results of the conducted studies on the content of Pb and Cd in average samples of fodder crops clearly indicate the presence of significant fluctuations in heavy metals within farms and feeds. High concentrations of Pb and Cd were found in roughage and sunflower cake and meal – 1.238–3.639 mg/kg and 0.199–0.404 mg/kg and 1.904–2.464 mg/kg and 0.408–0.908 mg/kg, respectively. In addition, alfalfa hay and sunflower cake and meal exceeded the MPC for Cd content by 1.35–3.03 times.

Feeds prepared at the Yerchiky Agricultural Farm compared to the Nova Peremoga Agricultural Farm contain significantly higher amounts of Pb and Cd: in alfalfa hay – 2.42 times and 1.68 times, in barley straw – 1.23 and 1.21, in corn silage – 1.61 and 2.23, in alfalfa haylage – 1.24 and 1.56, in sunflower meal and meal – 1.29 times and 2.22 times, respectively. According to the results of milk analysis, in both farms, the regulatory requirements for Pb content were exceeded by 1.02–1.86 times and Cd – by 1.30 times (Yerchiky Agricultural Farm). The highest rates of accumulation and transfer of heavy metals from ration feed to milk were observed in the farm with higher cow productivity.

Key words: cows, milk, feed, heavy metals, lead, cadmium, transfer coefficients.