

УДК 636.084/085:636.2/4:546.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.37>

НАКОПИЧЕННЯ РВ У М'ЯЗОВІЙ ТКАНИНІ ТВАРИН НА ВІДГОДІВЛІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНОТИПОВИХ РАЦІОНІВ

Ящук І.В. – аспірант кафедри годівлі, розведення тварин
та збереження біорізноманіття,
Поліський національний університет

Дослідження присвячені встановленню впливу різнотипових раціонів і природного мінералу сапоніту на вміст Рв у м'язовій тканині молодняку великої рогатої худоби і свиней за їх утримання в III зоні радіоактивного забруднення. Проведено три науково-господарські досліді: 1 та 2 – на молодняку великої рогатої худоби, 3 – на молодняку свиней. Для досліджень відбирали бугайців української чорно-рябої молочної породи та вивчали вплив різних силосів (1 дослід) на накопичення Рв у найдовшому м'язі спини, а також проводили оптимізацію протеїнового живлення тварин за рахунок різних високобілкових кормів (2 дослід). Молодняку свиней великої білої породи у складі раціону згодовували різну кількість природного мінералу-сорбенту сапоніту і визначали його вплив на екологічну якість продукції (3 дослід). Підготовку зразків рослинного та тваринного походження для встановлення в їхньому складі Рв здійснювали методом сухої мінералізації, аналіз – на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Квант-2А».

Установлено, що вміст у кормах раціонів значної кількості Рв призводить до його накопиченню у м'язовій тканині тварин, однак цей показник не перевищує гранично допустимого концентрації. При заміні у раціоні відгодівельних бугайців багатоконпонентного силосу зі злаково-бобових культур (овес + пелюшка + люпин вузьколистий + вика яра) на силос із пайзи відбувається погіршення якості їх забійної продукції, тобто підвищується вміст Рв у м'язовій тканині на 33,3%. Введення до складу зерносуміші 30% (за масою) кормових бобів замість аналогічної кількості люпину для молодняку великої рогатої худоби сприяла значно меншому нагромадженню і переходу Рв у м'язову тканину тварин – на 49,7% і 0,30% (абсолютних) відповідно. Даванка відгодівельним свиням природного мінералу-сорбенту сапоніту в кількості 3–7% за масою концентрованих кормів у раціоні забезпечила зниження вмісту і переходу Рв в м'язову тканину тварин на 5,9–52,7% і 28,5–33,9% (абсолютних) відповідно.

Ключові слова: бугайці, свині, м'язова тканина, різнотипові раціони, сапоніт, накопичення, Рв.

Yashchuk I.V. Accumulation of Pb in the muscle tissue of feeding animals using different diets

The research is dedicated to determining the influence of different types of diets and the natural mineral saponite on the content of Pb in the muscle tissue of young cattle and pigs kept in the third zone of radioactive contamination. Three scientific and economic experiments were conducted: 1 and 2 – on young cattle, 3 – on young pigs. For research, Ukrainian black-and-white dairy young bulls were selected and the influence of different silage (the first experiment) on the accumulation of Pb in the longest back muscle was studied, as well as the optimization of protein nutrition of animals due to various high-protein feeds (the second experiment). Young pigs of the large white breed were fed various amounts of the natural sorbent mineral saponite as part of their diet and its effect on the ecological quality of products was studied (the third experiment). The preparation of samples of plant and animal origin for the determination of Pb in their composition was carried out by the method of dry mineralization, the analysis was carried out on the atomic absorption spectrophotometer «Quantum-2A».

It has been established that the content of a significant amount of Pb in the feed rations leads to its accumulation in the muscle tissue of animals, but this indicator does not exceed the maximum permissible concentration. When replacing in the diet of fattening bull's multi-component silage from cereal and leguminous crops (oats + field peas + narrow-leaved lupine + spring vetch) with *Echinochloa frumentacea* silage, the quality of their slaughter products deteriorates, that is, the content of Pb in muscle tissue increases by 33.3%. The introduction of 30% (by mass) of fodder beans into the grain mixture instead of a similar amount of lupine for young cattle

contributed to a significantly lower accumulation and transition of Cd into the muscle tissue of animals – on 49,7% and 0,30% (absolute), respectively. Giving fattening pigs the natural mineral sorbent saponite in the amount of 3–7% by mass of concentrated feed in the diet ensured a decrease in the content and transition of Pb into the muscle tissue of animals by 5.9–52.7% and 28.5–33.9% (absolute), respectively.

Key words: *cattle, pigs, muscle tissue, different diets, saponite, accumulation, Pb.*

Вступ. 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 [1; 2]. Негативні екологічні зміни в агро-екосистемах посилюються порушенням норм і правил застосування мінеральних добрив і пестицидів. Антропогенний вплив на агроекосистеми навколо промислових міст, у тому числі через інтенсифікацію ведення традиційного землеробства, на жаль, посилюються в різних країнах світу [3]. Велику небезпеку в сучасній екосистемі, як вказують Notten M.J. et al., Hea Z.L. et al. [4; 5], становить забруднення ґрунтів такими елементами як Pb, Cd, Cu, Zn. Ці хімічні елементи та їх сполуки є найбільш токсичні, оскільки вони не розкладаються у ґрунті та воді, а мігрують трофічним ланцюгом і, зрештою, спричиняють приховані негативні зміни загального обміну речовин в організмі людини, тварин [6]. Наявність важких металів у біосфері (воді, ґрунті, кормах) має подвійне значення: як мікроелементи вони необхідні для нормального перебігу фізіологічних процесів, але водночас токсичні у підвищених концентраціях, що негативно позначається на здоров'ї, продуктивності тварин та якості продукції тваринництва [7; 8].

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 [9; 10]. Доведено, що вміст Pb і Cd у внутрішніх органах і м'язах тварин за використання кормів з індустріально розвинутих регіонів у декілька разів перевищував їх рівень, ніж у тварин з екологічно чистих зон. За даними літературних джерел відомо, що корми є основним джерелом надходження до організму тварин важких металів [11; 12].

За даними експертів ВООЗ та інших міжнародних організацій, одним з глобальних і небезпечних забруднювачів довкілля є Pb. Цей метал має достатньо великі обсяги виробництва та широку сферу застосування, що зумовлює його надходження і поширення в різні об'єкти навколишнього природного середовища. Здатність до кумуляції в органах і тканинах, висока біологічна активність Pb створюють реальну загрозу для здоров'я людини і тварин [13].

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. Повноцінне протеїнове, вуглеводне та мінеральне живлення тварин послаблює токсичну дію шкідливих речовин, зменшує всмоктування ¹³⁷Cs і важких металів із шлунково-кишкового тракту та збільшує їх виведення із організму [14; 15]. Окрім того, фізико-хімічна здатність природних мінералів зв'язувати токсичні речовини внаслідок їх високої сорбційної здатності – є важливим фактором підвищення біологічної повноцінності кормів за згодовування їх тваринам [16; 17].

Беручи до уваги широкий спектр біологічної і токсичної дії важких металів, яка спричиняє негативний вплив на внутрішні органи й системи тварин [18; 19], 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 Pb у продукції тваринництва за її виробництва в III зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС.

Отже, проведення дослідження для встановлення кількості накопиченого Pb у найдовшому м'язі спини молодняка великої рогатої худоби і свиней за їх годівлі різними силосами, високобілковими кормами та використанням природного мінералу-сорбенту сапоніту доволі актуальне.

Постановка завдання. Експериментальні дослідження на бугайцях української чорно-рябої молочної породи проводили на території фізіологічного двору Інституту сільського господарства Полісся НААН в умовах прив'язного утримання тварин. Для проведення дослідів 1 і 2 сформовано по дві групи молодняка великої рогатої худоби за методом збалансованих груп згідно з методичними положеннями Ібатулліна І. І. і Жукорського О. М. [20]. Дослідження проведено в III зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС (с. Грозине Коростенського району Житомирської області за щільності радіоактивного забруднення території до 5 Ки/км²).

Відповідно до схеми досліду 1, бугайці I (контрольної) групи отримували господарський раціон, який складався із 4-компонентного злаково-бобового силосу (овес + пелюшка + люпин вузьколистий + вика яра), сіна конюшини, солomé вівсяної, зерноsumіші та солі кухонної. Тваринам II (дослідної) групи, окрім кормів основного раціону, згодовували замість силосу зі злаково-бобової сумішки силос із пайзи.

Згідно зі схемою досліду 2, оптимізацію протеїнового живлення бугайців на відгодівлі проводили з використанням різних високобілкових кормів – люпину вузьколистого і кормових бобів. Молодняк великої рогатої худоби I (контрольної) групи отримував господарський раціон, який складався із силосу кукурудзяного, сіна злакового, солі кухонної та зерноsumіші № 1. Бугайцям II (дослідної) групи, окрім кормів основного раціону, згодовували зерноsumіш № 2. До складу зерноsumіші № 1 для годівлі піддослідних тварин введені зернові концентрати власного виробництва, вирощені в III зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС (% за масою): пшениця – 50, люпин – 30, овес – 20. Зерноsumіш № 2 складалася також із аналогічної кількості пшениці і вівса, а замість люпину вузьколистого використовували кормові боби, які вирощені на «умовно чистих» полях ДПДГ «Нова Перемога» Любарського району Житомирської області.

Для проведення науково-виробничого досліду 3 на молодняка свиней великої білої породи сформовано 4 групи тварин по 7 голів у кожній. Молодняк I (контрольної) групи впродовж дослідного періоду отримував корми основного раціону, який складався із дерті ячмінної, пшеничної та горохової, буряка кормового, крейди та кухонної солі. Свиням II, III та IV (дослідних) груп до основного раціону задавали природний мінерал сапоніт у кількості 3%, 5 та 7% за масою концентрованих кормів відповідно.

Раціони тварин за складом основних кормів різнилися між групами, водночас вони були збалансовані за основними поживними речовинами, їх коригували щомісяця відповідно до живої маси й середньодобових приростів згідно з сучасними деталізованими нормами годівлі та урахуванням фактичного хімічного складу і поживної цінності кормів [21].

Підготовку зразків рослинного та тваринного походження для встановлення у їх складі Pb здійснювали методом сухої мінералізації, аналіз – на атомно-абсорбційному спектрометрі «Квант-2А» [22]. Коефіцієнти переходу (КП) Pb в ланцюгу «раціон – м'язова тканина» визначали за формулою: $KП = \frac{Ввмп}{Ввмр} \cdot X \cdot 100$, де КП – коефіцієнт переходу; Ввмп – вміст Pb у продукції тварин, мг/кг; Ввмр – вміст Pb у добовому раціоні, мг [9]. Даний коефіцієнт є відносним інтегрованим показником, котрий у% відображає міграцію важких металів з раціону в продукцію, що дозволяє провести порівняльну оцінку переходу політантів за використання різних кормів і доз сапоніту для годівлі тварин.

Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують з експериментальною та науковою метою [23].

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним із найбільш токсичних елементів є Pb, який має техногенне походження, виражену токсикологічну та кумулятивну дію. За повідомленням авторів [24], згодовування тваринам кормів з придорожніх зон призводить до накопичення Pb в їх організмі, у результаті чого може виникнути гостре отруєння.

У результаті проведених спектрометричних досліджень встановлено, що в кормах, які були використані для відгодівлі бугайців основного періоду експериментів 1 і 2, вміст Pb не перевищував гранично допустимої концентрації (рис. 1–2). Водночас найбільша концентрація елемента містилася у снін конюшини (2,105 мг/кг, дослід 1), силосі кукурудзяному (1,686 мг/кг, дослід 2), 4-компонентному (1,337 мг/кг, дослід 1) та силосі із пайзи (1,250 мг/кг, дослід 1). Ці показники відносно ГДК становили 42,1%, 33,7, 26,7 та 25,0% відповідно. Найменшим же умістом Pb із досліджених кормів відрізняються зерноsumіші № 1 і № 2 (0,029–0,054 мг/кг, дослід 2) та солома вівсяна (0,053 мг/кг, дослід 1).

Важкі метали з кормом, водою і через повітря надходять до організму, забруднюють внутрішнє середовище тварин і, таким чином, спричиняють негативні зміни в обміні речовин, розвиток функціональних порушень та захворювань, а відтак зниження продуктивності та погіршення якості продукції [25]. Особливо небезпечний вплив важкі метали, через їх акумулюючу здатність, здійснюють на організм молодих, високопродуктивних та неадаптованих до екологічних умов тварин, негативно впливаючи на імунний статус, ферментні системи, репродуктивні функції [26].

Додавання до основного раціону годівлі піддослідних бугайців різних силосів (злаково-бобового і силосу із пайзи) і високобілкових кормів (люпину вузьколистого і кормових бобів) супроводжувалось перерозподілом рівня Pb у найдовшому м'язі спини тварин (табл. 1).

За результатами досліді 1 можна констатувати, що концентрація Pb у м'язовій тканині відгодівельних тварин була меншою за ГДК (0,50 мг/кг) і становила 0,270–0,360 мг/кг. Проте, за згодовування бугайцям у складі раціонів силосу із пайзи порівняно з використанням 4-компонентного злаково-бобового силосу (овес + пелюшка + люпин + вика яра), накопичення Pb у найдовшому м'язі спини було більшим на 0,090 мг/кг (на 33,3%) за достовірної міжгрупової різниці ($P < 0,05$).

Кількість Pb, що надходила до організму піддослідного молодняка великої рогатої худоби української чорно-рябої молочної породи за його відгодівлі різними варіантами зерноsumішей (дослід 2), становила 30,63–30,56 мг/добу. Рівень забруднення найдовшого м'язу спини бугайців Pb не перевищував гранично

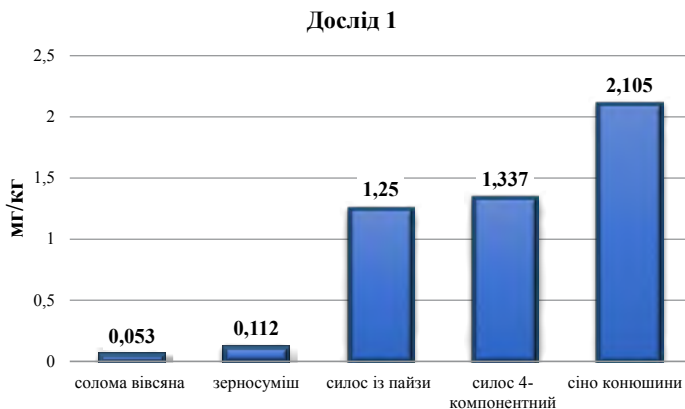


Рис. 1. Вміст Pb в кормах, мг/кг натурального корму (дослід 1)

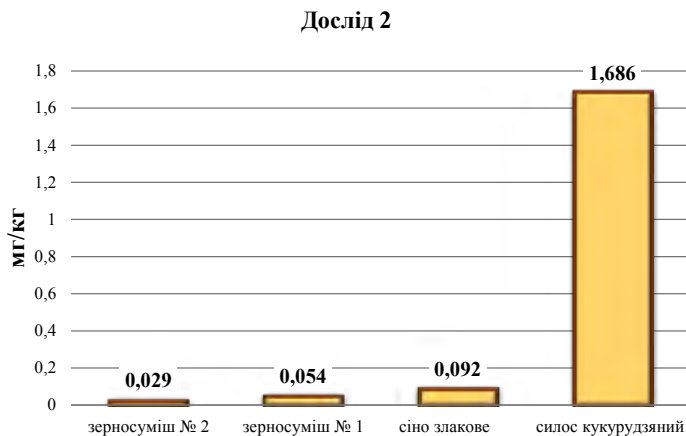


Рис. 2. Вміст Pb в кормах, мг/кг натурального корму (дослід 2)

допустиму концентрацію. Так, цей показник у м'язовій тканині піддослідних тварин I та II груп варював у межах 0,092–0,183 мг/кг, що нижче за нормативні вимоги на 18,4–36,6%. Слід наголосити, що концентрація Pb у найдовшому м'язі спини виявилася найнижчою у молодняку II (дослідної) групи, якому згодували у складі зерноsumіші 30% (за масою) кормових бобів – 0,092 мг/кг. У тварин цієї групи вміст Pb в м'язовій тканині був нижчим на 49,7% ($P < 0,05$), ніж у аналогів із контрольної групи.

Коефіцієнти переходу Pb із раціонів у найдовший м'яз спини бугайців при проведенні експериментів 1 та 2 коливалися в межах 0,91–1,29% та 0,30–0,60% відповідно (рис. 3). За використання різних силосів (дослід 1) перехід Pb в м'язову тканину виявився більшим на 0,38% (абсолютних) у тварин дослідної групи порівняно з контролем. За оптимізації протеїнового живлення молодняку ВРХ (дослід 2), коефіцієнти переходу Pb в яловичину (найдовший м'яз) були невисокими – 0,30–0,60%. Водночас за введення до складу зерноsumіші кормових бобів

Таблиця 1

Концентрація Pb у раціонах і м'язовій тканині бугайців

№ досліджу	Групи	Уміст Pb			
		середньодобовий раціон, мг	м'язова тканина, мг/кг	± до контрольної групи	
				мг/кг	%
1	I – контрольна	29,58	0,270±0,011	-	-
	II – дослідна	27,88	0,360±0,020*	+0,090	+33,3
2	I – контрольна	30,63	0,183±0,018	-	-
	II – дослідна	30,56	0,092±0,020*	-0,091	-49,7
ГДК		-	0,50	-	-

Примітка: *P<0,05.

перехід Pb у найдовший м'яз спини бугайців дослідної групи знижувався на 0,30% (абсолютних) порівняно з контролем.

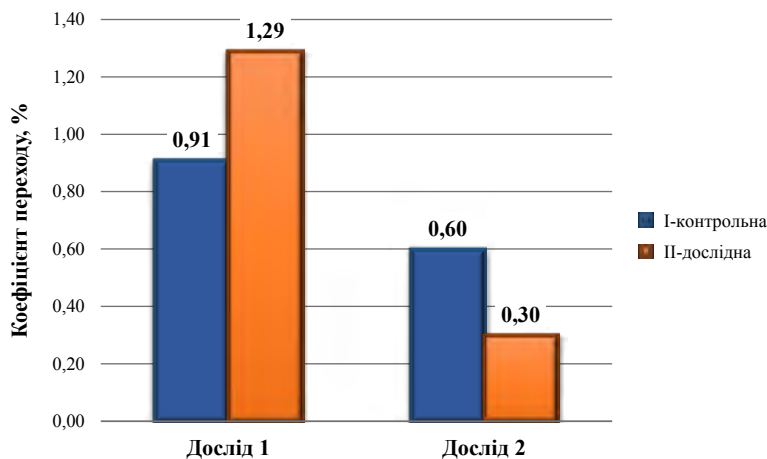


Рис. 3. Коефіцієнти переходу Pb у найдовший м'яз спини бугайців (досліди 1 і 2)

При проведенні спектрометричних досліджень кормів на вміст Pb у досліді 3 встановлено, що найбільша кількість елемента міститься у природному мінералі сапоніті – 7,170 мг/кг, що перевищує ГДК в 1,43 рази (рис. 4). В інших досліджених кормах уміст Pb знаходився в межах нормативних вимог.

За результатами досліджень по використанню різних доз сапоніту в раціонах молодняка свиней можна констатувати, що концентрація Pb у м'язовій тканині тварин варіювала у широкому діапазоні значень – 0,201–0,425 мг/кг і виявлялася дещо нижчою від ГДК (табл. 2). Встановлена тенденція щодо зниження вмісту Pb у найдовшому м'язі спини залежно від кількості природного мінералу-сорбенту в складі раціонів відгодівельних свиней – у м'язовій тканині тварин II, III та IV (дослідних) груп відносно I (контрольної) групи концентрація елемента була меншою на 0,224 мг/кг (на 52,7%, P<0,05), 0,114 (26,8) та на 0,025 мг/кг (на 5,9%) відповідно.

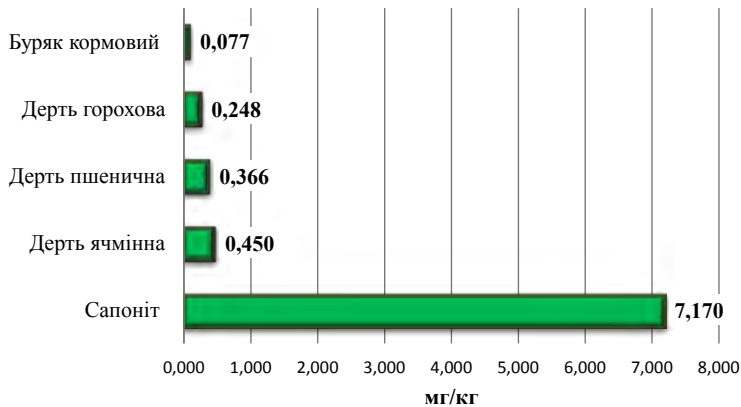


Рис. 4. Концентрація Pb у кормах, мг/кг натурального корму (дослід 3)

Таблиця 2

Концентрація Pb у кормових раціонах і м'язовій тканині свиней

Групи свиней	Концентрація Pb			
	середньодобовий раціон, мг	м'язова тканина, мг/кг	± до контролю	
			мг/кг	%
I – контрольна	0,866	0,425 ± 0,050	-	-
II – дослідна	1,325	0,201 ± 0,031*	-0,224	-52,7
III – дослідна	1,633	0,311 ± 0,074	-0,114	-26,8
IV – дослідна	1,941	0,400 ± 0,075	-0,025	-5,9
ГДК	-	0,50	-	-

Примітка: *P<0,05.

Коефіцієнти переходу Pb у свинину (найдовший м'яз) були доволі високими – 15,2–49,1% (рис. 4). За введення до складу кормових раціонів різних доз сапоніту перехід Pb у найдовший м'яз спини тварин дослідних груп знижувався на 28,5–33,9% (абсолютних) порівняно з контролем.

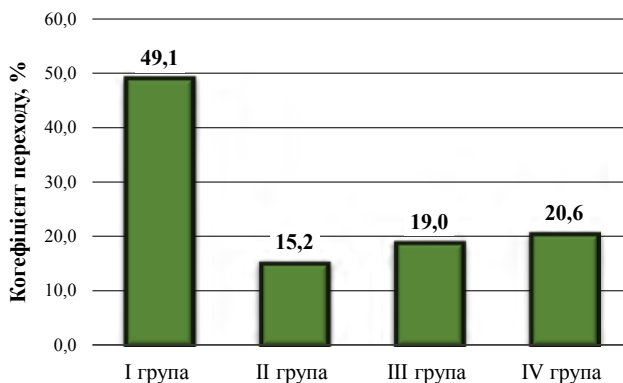


Рис. 5. Коефіцієнти переходу Pb у м'язову тканину свиней (дослід 3)

Підсумовуючи викладене, можна зробити висновок, що згодовування молодняку свиней у III зоні радіоактивного забруднення разом з концентрованими кормами природного мінералу сапоніту сприяє зниженню у найдовшому м'язі спини концентрації Pb. За показником сорбційної ефективності щодо зниження накопичення Pb у м'язовій тканині тварин найкращою виявилася доза сорбенту 3% (за масою) концентрованих кормів у раціоні.

Висновки. Використання для відгодівлі бугайців експериментального силосу із пайзи порівняно зі злаково-бобовим силосом ярих зернофуражних культур (овес + пелюшка + люпин + вика яра), негативно вплинуло на якість яловичини, підвищуючи вміст Pb у м'язовій тканині на 33,3%, при цьому коефіцієнт переходу Pb в найдовший м'яз спини виявився також більшим на 0,38% (абсолютних) у молодняку II (дослідної) групи порівняно з контролем. Оптимізація протеїнового живлення тварин за рахунок «умовно чистих» кормових бобів порівняно з люпином вузьколистим («забрудненим») сприяла значно меншому нагромадженню і переходу Pb у м'язову тканину бугайців – на 49,7% і 0,30% (абсолютних) відповідно. Використання сапоніту як адсорбента за відгодівлі молодняку свиней у III зоні радіоактивного забруднення в кількості 3–7% (за масою) концентрованих кормів у раціоні, справило позитивний вплив на екологічну якість продукції – нагромадження Pb у м'язовій тканині тварин дослідних груп відносно контролю було меншим на 5,9–52,7%, водночас кращою за показником сорбційної ефективності для виведення Pb виявилася доза сорбенту 3%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. 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. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2018_12_8.
2. Савчук І.М., Романчук Л.Д., Ящук І.В., Ковальова С.П., Бондарчук Л.В. Моніторинг важких металів у кормах і продукції тваринництва зони Полісся України. *Scientific Horizons*. 2022. Том 25, № 6. С. 45–54. DOI: 10.48077/scihor.25(6).2022.45-54.
3. Peng L., Huang Y., Zhang J., Peng Y., Lin X., Wu K., Huo X. Cadmium exposure and the risk of breast cancer in Chaoshan population of southeast China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22 (24). P. 19870–19878. DOI: 10.1007/s11356-015-5212-1.
4. Notten M.J., Oosthoek A.J., Rozema J., Aerts R. Heavy metal concentrations in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient. *Environmental Pollution*. 2005. № 138 (1). P. 178–190. DOI: 10.1016/j.envpol.2005.01.011.
5. Hea Z.L., Yanga X.E., Stoffelab P.J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2005. № 19. P. 125–140. DOI: 10.1016/j.jtemb.2005.02.010.
6. Peng L., Wang X., Huo X., Xu X., Lin K., Zhang J., Huang Y., Wu K. Blood cadmium burden and the risk of nasopharyngeal carcinoma: a case-control study in Chinese Chaoshan population. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22 (16). P. 12323–12331. doi:10.1007/s11356-015-4533-4.
7. Martyshuk T.V., Gutyi B.V., Vishchur O.I., Todoriuk V.B. Biochemical indices of piglets blood under the action of feedadditive «Butaselmевit-plus». *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2019. № 2 (2). P. 27–30. DOI: 10.32718/ujvas2-2.06.

8. Zinko H. Immune status of calves sick with gastroenteritis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*. 2017. № 19 (82). P. 61–65. DOI: 10.15421/nvlvet8213.

9. Мащенко О.М., Портяник С.В. Вплив типів годівлі корів на вміст важких металів у молоці. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2019. Т.21. № 90. С. 38–48. DOI: 10.32718/nvlvet-a9007.

10. Сачко Р.Г., Лесик Я.В., Пилипець А.З., Грабовська О.С., Венгрин А.В. Вміст важких металів у ґрунті, кормах та біологічному матеріалі в агроекологічних умовах Лісостепу та Полісся. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. 2013. Т.15. № 3 (57). Частина 3. С. 415–420.

11. Litwinczuk A, Drozd-Janczak A., Florek M. Zawartosci Metali ciezkich (Pb I Cd) w mleku towarowym produkowanym w rejonach przemyslowych I typowo rolniczych. *Roczniki naukowe zootechniki. Annals of Animal Science. Instytut zootechniki*. 1999. T.26, Z. I. P. 219–228.

12. Rezza C., Albanese S., Ayuso R., Lima A., Sorvari J., De Vivo B. Geochemical and Pb isotopic characterization of soil, groundwater, human hair, and corn samples from the Domizio Flegreo and Agro Aversano area (Campania region, Italy). *Journal of Geochemical Exploration*. 2018. Vol. 184(B). P. 318–332. DOI: 10.1016/j.gexplo.2017.01.007.

13. Zhou N. Biochars with excellent Pb(II) adsorption property produced from fresh and dehydrated banana peels via hydrothermal carbonization. *Bioresour. Technol*. 2017. Vol. 232. P. 204–210. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.01.074.

14. Савченко Ю.І., Савчук І.М., Савченко М.Г., Карпюк Н.А. Радіоекологічна оцінка раціонів при виробництві яловичини. Житомир: ПП «Рута», 2017. 160 с.

15. Ящук І.В., Савчук І.М. Вплив протеїнового живлення бугайців на накопичення важких металів у м'язовій тканині і печінці. *Вісник Сумського НАУ. Серія «Тваринництво»*. 2021. № 4 (47). С. 179–185. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.4.31.

16. Батуревич О.О. Ефективність використання мінералів природного походження в раціоні самиць коропа. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С.132–138. DOI: 10.31210/visnyk2019.03.17.

17. Pshinko G., Kobets S., Bogolepov A., Goncharuk V. Treatment of waters containing uranium with saponite clay. *Journal Water Chemistry Technololjgy*. 2010. Vol. 32. P.10–16. DOI: 10.3103/S1063455X10010029.

18. Roggeman S., De Boeck G., De Cock H., Blust R., Bervoets L. Accumulation and detoxification of metals and arsenic in tissues of cattle (Bos Taurus), and the risks for human consumption. *Science of The Total Environment*. 2014. № 466–467 (1). P. 175–184. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.07/007.

19. 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. № 154 (15). P. 263–267. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.02.058.

20. Ібатуллін І.І., Жукорський О.М. *Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: посібник*. Київ: Аграрна наука, 2017. 328 с.

21. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин / за наук. ред. І.І. Ібатулліна і О.М. Жукорського. Київ : Аграрна наука, 2016. 336 с.

22. ДСТУ 7670:2014. Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних елементів. [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку, 2015. 13 с.

23. Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментів або в інших наукових цілях від 18.03.1986 р. № 994_137. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137.

24. Вдовиченко Ю.В., Омельченко Л.О., Найдьонова В.О. Трансформація важких металів при виробництві яловичини з використанням генотипів південної м'ясної породи. *Біологія тварин*. 2015. т. 17, № 2. С. 25–33.

25. Савчук І.М., Ковальова С.П., Мельничук О.П. Концентрація шкідливих речовин в яловичині за різних типів раціонів бугайців. *Аграрна наука та харчові технології: зб. наук. праць ВНАУ*. 2019. Вип. 3(106). С. 147–155.

26. Kolacz R., Dobrzansk Z., Kolodziej P. Zawartosc metali ciezkieh w trunkaen swin z kegiону oddzialywonia. *PRZEMYSIU Miedziowego. Koez Nauk. Zoot. Ann Amm. Sci*. 2000. T. 27. P. 341–349.
