

ВИКОРИСТАННЯ ЕНТЕРОСОРБЕНТІВ ТА ХЕЛАТНИХ СПОЛУК ЯК КОРМОВИХ ДОБАВОК У ЖИВЛЕННІ ТВАРИН ЛОКАЛЬНИХ ЗОН ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Буцяк Г. А., Калин Б. М.

ВСТУП

Сучасний стан функціонування сільськогосподарського виробництва перебуває в умовах зростання техногенного навантаження. Антропогенна діяльність супроводжується розсіюванням значної кількості хімічних елементів, залучених до міграційного процесу. Особлива роль серед них належить важким металам, що є високотоксичними й можуть впливати на живі організми навіть у малих концентраціях. Досить гостро ця проблема постає в промислово розвинутих регіонах, де розташовані великі індустріальні підприємства, зосереджені чисельні автотранспортні засоби¹.

У таких районах формуються біогеохімічні провінції з підвищеним вмістом важких металів у ґрунті, воді й вегетативній частині кормових культур. Наявність важких металів у воді, ґрунті й рослинах не тільки знижує біологічну цінність кормів, а й призводить до поступового нагромадження поліутантів у тканинах організму тварин, що є причиною гострих і хронічних інтоксикацій².

Розробка науково-практичних основ ведення скотарства в зонах техногенного забруднення належить до актуальних проблем сучасної екології та тваринництва. Це зумовлено насамперед високим вмістом важких металів, які нагромаджуються в різних ланках трофічних ланцюгів наземних і водних екосистем. Такі елементи здатні пригнічувати метаболічні процеси в організмі тварин, що характеризуються чисельним хімізмом шляхів його

¹ Butsyak A., Butsyak V., Shved O., Hubrii Z. Analysis of the adsorbents use for local reduction of toxic load with heavy metal. *Health and nanobio-technology. Human health: realities and prospects monographic series*. 2020. V. 5. P. 88–104.

² Буцяк Г.А., Буцяк В.І., Швед О.В., Губрій З.В. Особливості екосорбції ентеросорбентом за токсичного навантаження важких металів. *СТАС. Хімія, технологія речовин та їх застосування*. 2020. Т. 3. № 2. С. 28–36.

здійснення та спрямовані на пластичне й енергетичне забезпечення їх життєдіяльності.

Рівень продуктивності тварин знаходиться у прямій залежності від інтенсивності обміну речовин, який значною мірою визначається генетичним потенціалом, що проявляється фенотипово й залежить від ефективного використання поживних речовин кормового раціону, умов утримання та факторів зовнішнього середовища. Зумовлена важкими металами складна й несприятлива, а в ряді регіонів і катастрофічна екологічна ситуація вимагає лікувальних та, особливо, профілактичних заходів, спрямованих на поліпшення чи збереження здоров'я тварин і людей. Використання в такому випадку традиційних медикаментозних заходів не завжди корисне, а інколи навіть протипоказане.

З огляду на це нині значна увага приділяється речовинам природного походження або препаратам, створеним на їх основі. В останні роки все більшого застосування знаходять різноманітні ентеросорбенти й хелатні сполуки мінеральних елементів, які послаблюють токсичну дію важких металів на клітинному й органному рівні, зменшують надмірне всмоктування з травного каналу й збільшують їх виведення з організму. Одними з перспективних ентеросорбентів є цеоліти, які мають адсорбувальні, антидотні, йонообмінні, каталітичні, детоксикаційні й бактерицидні властивості. Хелатні (комплексні) сполуки є оптимальною формою засвоєння біогенних металів, вони мають високу термодинамічну стійкість, тому їх можна використовувати як антидоти³.

Однак для адекватного використання цих ентеросорбентів і хелатних сполук у практичній ветеринарії та сільському господарстві потрібне детальне вивчення їх адсорбційної селективності щодо конкретних умов і токсикантів. У зв'язку із цим наукову й практичну актуальність становить поглиблене вивчення корекції цеолітом і хелатними сполуками впливу важких металів на обмін речовин в організмі свійських тварин.

Необхідність одержання таких даних виникла через те, що зі зміною активності метаболічних процесів, особливо в зонах локального техногенного навантаження, можна цілеспрямовано впливати на процеси перетворення компонентів корму, змінюючи

³ Butsiak H.A., Butsiak V.I., Gutyj B.V., Kalyn B.M., Muzyka L.I. Migration of heavy metal mobile forms into the plant vegetative mass under anthropogenic load. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 11 (1). P. 329–343. DOI: 10.15421/2021_50.

швидкість каталітичних процесів, і таким чином регулювати окремі ферментні реакції, що приводять до підвищення продуктивних якостей тварин.

1. Корекція цеолітовим борошном міграції важких металів в організм корів:

вплив ентеросорбенту на продуктивність та якість продукції

Аналіз кормів раціону на вміст важких металів свідчить, що в організм дослідних груп корів надходить різна кількість поллютантів. Середньодобове надходження рухомих форм металів значно перевищує максимально допустимий рівень (далі – МДР) (Плюмбуму на 22,4%; Кадмію на 36,6%; Меркурію на 70,0% і Цинку на 15,0%). Значна кількість токсикантів, які поступили в організм, виводяться з нього, в тому числі й молочною залозою.

З молоком контрольної групи корів виводиться велика кількість Плюмбуму (0,71 мг/кг), що перевищує МДР у 7 разів, Меркурію (0,01 мг/кг) – у 2 рази, Кадмію (0,041 мг/кг) – у 1,36 раза. Рухомі форми Цинку в досліджуваному молоці були в межах норми (в 1,49 нижчі за МДР). Коефіцієнт переходу важких металів у молоко контрольної групи був найвищим для йонів Pb^{2+} (5,82) та Cd^{2+} (5,12), найнижчий – для йонів Zn^{2+} (2,92) та Hg^{2+} (3,16). У дослідній групі, де додатково (в дозі 30 г на 1 кормову одиницю (далі – к.о.)) згодовували цеолітове борошно, виділення з молоком важких металів у порівнянні з контрольною групою значно зменшилося (табл. 1).

Кількість виділеного з молоком Плюмбуму зменшилася на 56,8%, Кадмію – на 22,0%, Меркурію – на 50,0%. Поряд із цим концентрація Цинку в молоці дослідної групи збільшилась на 9,8%. Відсоток переходу поллютантів у молоко дослідної групи корів для йонів Pb^{2+} , Cd^{2+} та Hg^{2+} був нижчим у порівнянні з контрольною групою корів. Для Pb^{2+} він склав 2,52, Cd^{2+} – 4,02, Hg^{2+} – 1,69, а для йонів цинку був дещо вищим – 3,21.

Згодований білий цеоліт як кормова добавка, яка має адсорбційну здатність, значно покращила якість молока. Концентрація рухомих форм Кадмію, Меркурію та Цинку була в межах МДР, хоча вміст йонів Плюмбуму дещо перевищував його.

З метою дослідження трансформації важких металів тканинами й органами корів було проведено дослідний забій тварин (по три голови з кожної групи). Установлено, що важкі метали присутні у всіх досліджуваних об'єктах. Концентрація важких металів в

окремих органах і тканинах значно коливається (Кадмій від 0,10 до 1,05 мг/кг; Плюмбум – 0,41–9,62 мг/кг; Меркурій – 0,03–0,42 мг/кг і Цинк – 12,2–98,60 мг/кг). У нирках виявлено найвищий вміст Кадмію та Меркурію, в кістках – Плюмбуму, а в печінці – Цинку⁴.

Таблиця 1

Трансформація важких металів корму в молоко дослідних корів

Йони металів	Надійшло в організм із кормом (мг)	Контрольна група			Дослідна група		
		Виділено з молоком					
		мг/л молока	Усього, мг	% від спожитого	мг/л молока	Усього, мг	% від спожитого
Pb ²⁺	90,67	0,71	5,27	5,82	0,29	2,28	2,52
Cd ²⁺	6,11	0,041	0,31	5,12	0,03	0,24	4,02
Hg ²⁺	2,55	0,010	0,08	3,16	0,005	0,04	1,62
Zn ²⁺	851,39	3,35	24,86	2,92	3,50	27,32	3,21

Слід відзначити нерівномірний розподіл мінеральних елементів у тканинах та органах, значний діапазон коливань та органну специфіку трансформації різних елементів, що вказує на функціонування специфічних механізмів адаптації та включення таких поллютантів у метаболічні процеси на тканинному й органному рівнях (табл. 2). Позитивний вплив на зниження вмісту важких металів в органах і тканинах корів одержано за згодовування тваринам дослідної групи природного сорбенту – цеоліту (20 г на 1 к.о.).

Таблиця 2

Вміст важких металів у тканинах корів, (M±m, n = 3, мг/кг)

Тканина	Cd	Pb	Hg	Zn
До згодовування цеоліту (контроль)				
Печінка	0,59 ± 0,17	1,76 ± 0,05	0,21 ± 0,01	98,60 ± 5,99
Нирки	1,05 ± 0,06	2,94 ± 0,06	0,42 ± 0,03	24,38 ± 0,88
Серце	0,42 ± 0,03	0,74 ± 0,04	0,18 ± 0,01	20,18 ± 1,42
Легені	0,20 ± 0,02	0,58 ± 0,02	0,14 ± 0,008	28,60 ± 0,86
Селезінка	0,87 ± 0,03	1,81 ± 0,05	0,29 ± 0,01	86,10 ± 3,29
М'язи	0,10 ± 0,01	1,44 ± 0,04	0,07 ± 0,005	56,2 ± 1,55
Кров	0,16 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,10 ± 0,005	12,2 ± 0,33
Кістки	0,85 ± 0,06	0,62 ± 0,73	0,03 ± 0,002	62,4 ± 2,42

⁴ Буцяк В.І., Буцяк А.А. Using of zeolite tuffs as enterosorbents in cows pourishment. *Вісник Національного університету «Львівська Політехніка»*. Львів, 2014. № 781. С. 27–31.

Після завершення згодовування цеоліту (180 днів)

Печінка	0,39 ± 0,02*	0,58 ± 0,02*	0,09 ± 0,01*	96,40 ± 3,46
Нирки	0,81 ± 0,05*	1,21 ± 0,05*	0,21 ± 0,01*	31,60 ± 1,62*
Серце	0,29 ± 0,01*	0,32 ± 0,02*	0,10 ± 0,005*	26,20 ± 1,15*
Легені	0,19 ± 0,01*	0,28 ± 0,04	0,08 ± 0,005*	30,9 ± 1,03*
Селезінка	0,59 ± 0,03*	0,71 ± 0,05*	0,16 ± 0,01*	76,2 ± 3,69*
М'язи	0,05 ± 0,005*	0,48 ± 0,03*	0,03 ± 0,005*	78,2 ± 3,23
Кров	0,09 ± 0,01*	0,19 ± 0,01*	0,04 ± 0,005*	8,10 ± 0,52*
Кістки	0,65 ± 0,03*	7,12* ± 1,18	0,025 ± 0,002	91,6 ± 4,45

* в цій та інших таблицях $p \leq 0,05$ у порівнянні з контрольними показниками.

Застосування кормової добавки сприяло зниженню концентрації важких металів в органах і тканинах. Різко зменшилася кількість Кадмію, концентрація його в крові в порівнянні з вихідними величинами вірогідно знизилась на 43,8%.

У печінці, селезінці й кістках вміст Кадмію перевищував МДР на 23,1, 49,1 та 53,9% відповідно. Під впливом природного сорбенту концентрація Кадмію в м'язовій тканині знизилась на 50% (була в межах МДР), а в легенях – на 5%. Високі адсорбційні властивості цеоліту проявляються щодо Плюмбуму. Так, його концентрація в дослідній групі корів зменшилась на 26,8–72,7%.

Концентрація Плюмбуму в м'язовій тканині й субпродуктах знаходилась у межах МДР, однак вміст його в селезінці, а особливо в кістках, перевищує МДР. Результати досліджень показали, що застосування кормової добавки сприяло зменшенню концентрації Меркурію в органах і тканинах. Залишкова кількість рухомих форм Меркурію в дослідній групі тварин зменшилась на 16,7–60% і в печінці, серці, легенях, м'язах і кістках знаходилась у межах МДР, а в нирках, селезінці й крові перевищувала її відповідно на 4,8, 37,5 і 62,5%⁵.

Концентрація Цинку дослідної групи корів у нирках, серці, легенях, м'язовій тканині й кістках зросла відповідно на 29,6; 29,8; 8,0; 39,1 і 46,8%, а в печінці, селезінці й крові знизилась на 2,3; 11,5 і 43,7%. У всіх органах і тканинах концентрація Цинку знаходилась у МДР, лише в м'язовій тканині вона перевищувала його на 11,7%. Порівнюючи отримані дані з максимально

⁵ Буцяк В.І., Кравців Р.Й., Буцяк Г.А., Черевко М.В. Використання ентеросорбентів для покращення якості тваринницької продукції. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. Львів, 2008. Т. 10. № 1 (6). Ч. 1. С. 193–198.

допустимими рівнями (МДР) досліджуваних важких металів, що регламентуються чинними нині «Медико-біологічними вимогами й санітарними нормами якості продовольчої сировини й харчових продуктів», слід зазначити, що досліджувані тканини й органи корів є безпечними за вмістом досліджуваних металів.

Продуктивність тварин залежить як від генетичних задатків, фізіологічного стану, так і від збалансованості раціону за поживними й біологічно активними речовинами, в тому числі за мінеральними елементами живлення. Результати досліджень показали, що цеолітове борошно як кормова добавка позитивно впливає на фізіологічний стан і продуктивність корів. Так, у корів дослідної групи підвищилась молочна продуктивність на 15,3%, збільшився період інтенсивної молоковіддачі, а також зріс рівень білка (на 0,03%), вміст жиру (на 0,11%) і кількість молочного жиру (на 16,2%). Шляхом вищої продуктивності дослідної групи корів, а також жирності молока чистий дохід, а також рентабельність виробництва молока відповідно у 2,4 та 2,6 раза перевищувала такі показники контрольної групи корів⁶.

Аналогічна картина щодо впливу кормової добавки – цеолітового борошна – спостерігається за загальними й середньодобовими приростами живої маси корів на відгодівлі. Приріст тварин дослідних груп, яким додатково до основного раціону згодовували цеолітове борошно в дозі 20 і 30 г на 1 к.о., в середньому на 16,8–18,0% перевищував показники контрольної групи корів (табл. 3).

Таблиця 3

Інтенсивність росту дослідних корів ($M \pm m$, $n = 3$)

Показники	Контроль	Дослідні групи	
		I	II
Жива маса на початок дослідю, кг	422,1±6,18	420,8±5,20	422,2±7,12
Жива маса на кінець дослідю, кг	457,4±7,14	463,2±6,18	465,2±6,48
Загальний приріст живої маси, кг	35,3±0,68	42,4±0,71*	43,0±0,59*
Середньодобовий приріст, г	392±10,18	471±10,02*	478±9,98*

⁶ Буцяк В.І., Буцяк А.А., Музика Л.І. Influence of Zeolite Powder as Feed Additive on Productive Qualities of Bull Fattening at Low-Dose Radiation Load. *Міжнародний збірник наукових праць Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. Part II. 2016. P. 41–46.

Додаткове введення цеолітового борошна до основного раціону корів дослідних груп супроводжувалося перерозподілом рівнів важких металів у тканинах та органах, а також збільшувалась в середньому на 14,7–18,8% їх кількість в екскрементах з одночасним зменшенням на 4,8% їх кількості в сечі.

Аналізом хімічного складу найдовшого м'яза спини дослідних корів встановлено, що згодовані цеоліти сприятливо впливають на якісні показники продуктів забою (табл. 4). Так, у дослідній групі корів вихід сухої речовини збільшився на 0,4% шляхом зростання на 0,4% білка й на 0,1% жиру з одночасним зменшенням на 0,15% мінеральних речовин. У дослідній групі корів рівень глікогену м'язів також зріс на 72,1% мг.

Таблиця 4

**Хімічний склад найдовшого м'яза спини дослідних корів
($M \pm m, n = 5$)**

Показники	Контрольна група	Дослідна група
Волога, %	77,1 ± 3,42	76,7 ± 1,41*
Білок, %	19,8 ± 0,92	20,2 ± 0,86*
Жир, %	1,20 ± 0,07	1,30 ± 0,05*
Зола, %	1,10 ± 0,06	0,95 ± 0,04*
Глікоген, мг %	420,5 ± 20,4	492,6 ± 22,4*

Якість продукції забою оцінювали за білковим якісним показником. За умов нашого експерименту корекція цеолітом суттєво не впливає на концентрацію оксипроліну, однак рівень триптофану дослідної групи зріс на 21,7% відповідно до контролю, що дало можливість значно покращити білковий якісний показник.

Аналізуючи показник білкової цінності м'яса, виявлено, що у тварин дослідної групи білковий якісний показник був на 20,6% вищим за відповідний показник контрольної групи. Відомо, що оксипроліновий тест дає можливість характеризувати функціональний стан обміну білків сполучної тканини, в тому числі колагену, до складу якого входить 12–14% оксипроліну. Дослідження оксипроліну в сироватці крові, сечі й синовіальній рідині скакових суглобів показали, що в дослідній групі (тварини, яким згодували цеолітове борошно в дозі 20 г на 1 к.о.) його рівень нижчий за досліджувані показники контрольної групи відповідно на 6,6, 14,7 і

12,3%. Це вказує на сприятливий вплив згодованого цеоліту на обмін білків сполучної тканини й процеси мінералізації.

2. Вплив цеолітового борошна як кормової добавки на гематологічні й біохімічні показники крові корів за умов техногенного навантаження

Установлено, що показник рН крові корів, яким згодовували корми з підвищеним вмістом важких металів, змістився в лужну сторону на 0,03 одиниці й знаходився у верхній межі фізіологічної норми (7,20–7,45). У корів дослідної групи насиченість крові вуглекислим газом збільшилась на 26,5%, істинний бікарбонат підвищився на 39,5%, а стандартний бікарбонат, навпаки, знизився на 21,7%. Досліджені зміни кислотно-основної рівноваги відповідають стану субкомпенсаторного метаболічного алкалозу⁷.

Додаткове використання цеолітового борошна дрібного помелу в дозі 30 г на 1 к.о. до раціону другої дослідної групи протягом 180 днів експерименту показало, що згодований цеоліт сприятливо впливає на показники кислотно-основної рівноваги. Зменшується парціальний тиск вуглекислого газу й істинний бікарбонат відповідно на 10,9 і 18,0%, зростає стандартний бікарбонат на 10,8% і знижується зміщення буферних основ на 0,6.

Кількість альбумінів у сироватці крові корів першої та другої дослідної груп, яким додатково згодовували цеолітове борошно в кількості 20 і 30 г на 1 к.о., зросла відповідно до контролю на 7,88 і 6,76%. Рівень α - і γ -глобулінів у сироватці крові дослідних груп тварин знизився, що насамперед вказує на відсутність хронічних захворювань органів травлення та печінки, а також на відсутність виражених патологічних процесів в організмі корів, яким згодовували цеолітове борошно. Кількість β -глобулінів у сироватці крові суттєво не змінилась і була однаковою у всіх тварин, що вказує на фізіологічно нормальні метаболічні процеси обміну ліпідів за таких умов експерименту.

Концентрація еритроцитів (табл. 5) у першій дослідній групі корів була на 21,7% нижче контрольних показників, закономірно, що кількість гемоглобіну також знизилась на 25,0% і дорівнювала

⁷ Буцяк В.И., Буцяк А.А. Морфо-биохимические показатели крови и активность ферментов обмена углеводов в тканях коров при антропогенной нагрузке. *Știința agricolă. Universitatea agrară de stat din Moldova*. 2014. Nr. 1. S. 111–115.

76,8 г/л (обидва показники були нижчі за фізіологічні норми), рівень лейкоцитів, навпаки, в 1,76 раза перевищував контроль і дорівнював $11,98 \times 10^9/\text{л}$, що відповідає верхній границі фізіологічної норми, проявляючи незначний лейкоцитоз.

Активність АТФ-ази в еритроцитах першої дослідної групи корів у порівнянні з контролем знизилась на 34,9%, очевидно, це пов'язано зі змінами концентрацій йонів Mg^{2+} і Ca^{2+} , які є активаторами такого ферменту. Поряд із цим активність АТФ-ази пригнічується високою концентрацією глюкози в кров'яному руслі й активується інсуліном.

Таблиця 5
Гематологічні й біохімічні показники крові корів, ($M \pm m$, $n = 5$)

Показники й одиниці виміру	Контроль	I дослідна	II дослідна
Кількість еритроцитів, $10^{12}/\text{л}$	$6,20 \pm 0,24$	$4,86 \pm 0,22^*$	$5,68 \pm 0,24^*$
Кількість гемоглобіну, г/л	$102,4 \pm 4,82$	$76,8 \pm 3,86^*$	$90,6 \pm 4,12^*$
Кількість лейкоцитів, $10^9/\text{л}$	$6,80 \pm 0,22$	$11,98 \pm 0,54^*$	$9,68 \pm 0,44^*$
АТФ-аза, мкмоль/мл/хв	$0,063 \pm 0,005$	$0,041 \pm 0,003$	$0,056 \pm 0,003^*$
Церулоплазмін, мкмоль/л	$0,810 \pm 0,07$	$0,680 \pm 0,03^*$	$0,770 \pm 0,04^*$
Лужна фосфатаза, Од. Боданського	$3,14 \pm 0,19$	$1,98 \pm 0,11^*$	$2,64 \pm 0,15^*$
Са, ммоль/л	$2,76 \pm 0,14$	$2,14 \pm 0,12^*$	$2,52 \pm 0,14^*$
Р, ммоль/л	$1,48 \pm 0,05$	$1,78 \pm 0,10^*$	$1,56 \pm 0,08^*$
Відношення Са/Р	1,86	1,20	1,61

Зниження активності лужної фосфатази під впливом важких металів на 47,0% вказує на порушення процесів енергетичного забезпечення (розщеплення АТФ), яке пов'язане з гальмуванням АТФ-ази. Однак за таких умов підвищення рівня неорганічного фосфору на 20,2% може відбуватися шляхом пригнічення процесів фосфоролізу, а також здатності окремих важких металів (Плюмбуму) активувати кислу фосфатазу.

Вміст загального кальцію в сироватці першої дослідної групи на 22,5% був нижче за показники контрольної групи, а його кількість (2,14 ммоль/л) була нижчою за показники фізіологічної норми. Водночас слід зазначити, що в першій дослідній групі спостерігається зниження кальцій-фосфорного співвідношення до 1,20, тоді як оптимальним є співвідношення 1,51–2,08.

Корекція кормового раціону другої дослідної групи корів цеолітовим борошном у дозі 30 г на 1 к.о. запобігала розвитку

хронічної інтоксикації важкими металами організму тварин. Так, рівень еритроцитів і гемоглобіну збільшилися на 16,9 і 17,9%, а їх кількість була в межах фізіологічної норми з одночасним зменшенням рівня лейкоцитів на 23,7%. Активності АТФ-ази, церулоплазміну й лужної фосфатази були вищими відповідно на 36,6, 13,2 і 33,3% за показники першої дослідної групи⁸. Вміст кальцію складав 2,52 ммоль/л і був вищим на 17,7%, рівень неорганічного фосфору – 1,56 ммоль/л, що, відповідно, був нижчим на 14,1% за показники першої дослідної групи. Кальцій-фосфорне співвідношення (1,61) відповідало оптимальній фізіологічній нормі.

У сироватці крові першої дослідної групи вміст загального білка знизився на 21,3% у порівнянні з контролем з одночасним підвищенням на 19,4% рівня залишкового азоту, що вказує на порушення білоксинтезувальної функції печінки через зниження активності відповідних ферментних систем (табл. 6).

Рівень вільних амінокислот у сироватці першої дослідної групи корів, які постійно експлуатуються в локальній зоні антропогенного навантаження, перевищує на 35,8% аналогічні показники контрольної групи тварин. Це свідчить про посилений катаболізм білків, а підвищений рівень аргініну, аспарагінової та глутамінової амінокислот (відповідно на 61,6, 61,5 і 75,1%) вказує на пригнічення уреогенезу, хоча рівень сечовини в сироватці крові збільшився у 2 рази.

Таблиця 6

Деякі біохімічні показники сироватки (), та еритроцитів крові дослідних корів, (M ± m, n=5)**

Показники	Контрольна	I дослідна	II дослідна
Загальний білок, г/л **	78,6 ± 2,71	61,9 ± 1,73*	71,3 ± 1,64*
Залишковий азот, мг/л **	524,6 ± 3,11	626,4 ± 9,81*	546,2 ± 9,06*
Сечовина, ммоль/л**	5,31 ± 2,08	11,1 ± 0,89*	7,48 ± 0,92*
Активність АсАТ, нкат **	282,2 ± 9,64	228,1 ± 6,60*	268,6 ± 5,90*
Активність АлАТ, нкат **	144,1 ± 5,51	133,4 ± 5,98	139,4 ± 5,18
Глюкоза, ммоль/л	1,28 ± 0,04	2,09 ± 0,10*	1,58 ± 0,06*
Піруват, ммоль/л	0,21 ± 0,02	0,27 ± 0,03*	0,23 ± 0,04
Лактат, ммоль/л	1,86 ± 0,07	1,33 ± 0,08*	1,67 ± 0,08*

⁸ Буцяк В.И., Буцяк А.А. Производство экологически чистого молока в биогеохимических провинциях. *Сборник научных трудов «Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства»*. Белорусская ГСА, Горки. 2009. В. 12. Ч. 1. С. 393–399.

Високий рівень глюкози в крові першої дослідної групи, який перевищує на 63,2% відповідні показники другої дослідної групи корів, можливо, зріс через процеси глікоконєнегенезу – реакцій зворотних гліколізу, а також через порушення процесів Na^+ -залежної транспортної системи, що зумовлює транспорт d-глюкози й інших метаболітів (амінокислот, неорганічного фосфору) до клітин. Не можна виключити й гормональний вплив на концентрацію окремих метаболітів. Рівень інших вільних амінокислот у сироватці крові першої дослідної групи корів збільшувався неоднаково (від 6,7 до 32,1%).

Найбільш суттєві зміни припадали на незамінні амінокислоти гістидин і триптофан, рівень яких зріс відповідно у 2,1 і 1,6 раза. Вільний гістидин і його похідні завдяки наявності імідазольного ядра є добрими комплексоутворювачами. Зв'язуючи іони важких металів, імідазольні похідні захищають функціональні групи ряду ферментів, які беруть участь у метаболічних процесах.

Активність аспартатамінотрансферази (далі – АсАТ) та аланінамінотрансферази (далі – АлАТ) (табл. 6) сироватки крові першої дослідної групи знизилась відповідно на 23,7 і 7,3%. Коефіцієнт де Рітца має тенденцію до зниження та дорівнює 1,71, що на 14,5% нижче за показник контрольної групи. Згодовування другій дослідній групі цеолітового борошна в дозі 30 г на 1 к.о. сприятливо впливає на білковий і вуглеводний обмін. Так, у сироватці крові тварин другої дослідної групи вміст загального білка зріс на 15,2%, рівень вільних амінокислот і сечовини зменшились відповідно на 16,8 і 48,3% до показників першої дослідної групи. Вміст незамінних амінокислот знизився на 13,1%, але був вищим за контроль на 10,8%. Вміст аланіну збільшився на 18,1% і був близьким до відповідних показників контрольної групи.

Рівень глюкози й пірувату в крові корів II дослідної групи знизився відповідно на 32,2 і 17,3%, а молочна кислота зросла на 25,5% у порівнянні з першою дослідною групою, що, напевно, свідчить про стимуляцію процесів гліколізу.

Коефіцієнт де Рітца в другій дослідній групі зріс на 12,2%, однак був на 1,9% нижчим за контроль. Беручи до уваги дані про вміст білка, залишкового азоту, сечовини, вільних амінокислот, метаболітів вуглеводного обміну й активності амінотрансфераз, а також враховуючи, що зміни таких параметрів вирівнювались у напрямі до меж фізіологічної норми, можна вважати, що цеолітове борошно виконує роль позитивного регулятора метаболізму

азотовмісних речовин і вуглеводів, що узгоджується з даними подібних досліджень.

3. Використання хелатних сполук як кормових добавок у живленні тварин за хронічного навантаження важкими металами

Нині особливого значення набуває пошук способів прискорення процесу виведення надлишкових концентрацій важких металів з організму тварин із метою отримання високоякісних харчових продуктів і збереження здоров'я людей. За результатами експериментальних досліджень встановлено позитивний вплив хелатних сполук метіонатів мікроелементів (далі – МЕ) на функціонування окремих органів і систем організму⁹.

Додаткове до основного раціону згодовування бугайцям метіонатів солей Купруму, Кобальту й Феруму в різних дозах супроводжується вірогідним зростанням кількості еритроцитів ($p < 0,05-0,001$) і вмісту гемоглобіну ($p < 0,05-0,02$) в порівнянні з контрольною групою (рис. 1).

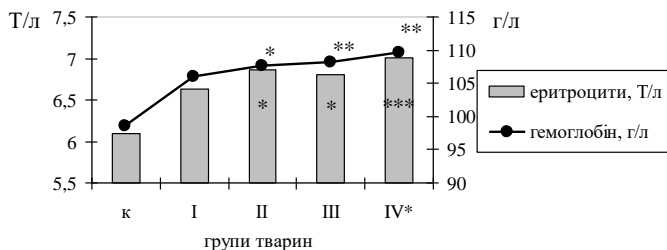


Рис. 1. Кількість еритроцитів і вміст гемоглобіну в крові бугайців за умов застосування метіонатів мікроелементів, $M \pm m$, $n=5$

* – тут і надалі (мг/кг маси тіла) I: CuMet-0,1; CoMet-0,03; FeMet-0,03; II: CuMet-0,05; CoMet-0,03; FeMet-0,03; III: CuMet-0,03; CoMet-0,03; FeMet-0,03; IV: CuMet-0,03; CoMet-0,03; FeMet-0,05

Крім цього, спостерігається збільшення величини гематокриту, оскільки такий показник напряму пов'язаний зі збільшенням кількості еритроцитів. У контрольній групі тварин цей показник був

⁹ Калин Б.М. Застосування хелатних сполук мікроелементів у годівлі тварин : методичні рекомендації / ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького. Львів, 2011. 40 с.

на рівні 26,0–26,6%, що в середньому в 1,5 раза нижче фізіологічної норми. Підгодівля метіонатами МЕ сприяла збільшенню гематокриту у всіх дослідних групах на 11,8–19,1% і на кінець досліду в IV групі сягнула нижньої межі норми.

Низький вміст гемоглобіну й гематокритної величини в контрольній групі впродовж досліду можуть вказувати на порушення еритропоезу, зокрема мікроцитозу й недостатнього синтезу гема. Метіонати зазначених мікроелементів, що застосовувались у дослідних групах, усувають ці негативні зміни в організмі бугайців.

Більшість поллютантів мають гепатотропну спрямованість своєї токсичної дії або метаболізуються в ній¹⁰. За умов хронічної інтоксикації тварин важкими металами спостерігаються різні за ступенем вираженості дистрофічні зміни печінки з ознаками токсичного гепатиту. Одержані результати свідчать про низький вміст загального білка (66,5–68,1 г/л) у крові бугайців, яких утримують на забрудненій важкими металами території. Результати впливу додаткового внесення до раціону метіонатів мікроелементів на рівень загального білка свідчать про тенденцію до його зростання (табл. 7). На кінець досліду рівень загального білка зріс в I–IV групах на 4,50, 4,94 ($p < 0,05$), 5,50 ($p < 0,02$) і 6,1% ($p < 0,01$) відповідно до контролю.

З показників білкових фракцій сироватки крові суттєві зміни за детоксикації організму тварин виявлені у вмісті альбумінів, кількість яких вірогідно зросла в порівнянні з тваринами контрольної групи.

Ураження клітинної мембрани печінки відбиває негативний вплив поллютантів і надходження в кров ферментів переамінування аспартатамінотрансферази (АсАТ) та аланінамінотрансферази (АлАТ). Порушується кількісне співвідношення активності трансаміназ – специфічних індикаторів, що вказує на гальмування системи природної детоксикації.

Використання хелатних комплексів мікроелементів як кормової добавки до основного раціону живлення сприяє зниженню активності трансаміназ, зокрема АлАТ на 11,92–17,20%,

¹⁰ Lavryshyn Y., Gutyj B., Leskiv Ch., Kalyn B., Holub O., Romanovych M. The effect of cadmium on the level of vitamins A and E in the blood of young cattle. *Colloquium-journal*. 2020. No. 32 (84). P. 11–14. DOI: 10.24412/2520-2480-2020-3284-11-14.

підвищенню коефіцієнта де Рітиса на 10,9–16,0%, а також зниженню на 12,2–23,2% концентрації лужної фосфатази, що свідчить про здатність хелатних сполук мікроелементів проявляти мембраностабілізуючий ефект та активізувати детоксикаційну систему печінки.

Таблиця 7

Загальний вміст білків і співвідношення окремих їх фракцій у сироватці крові бугайців за дії хелатних сполук, $M \pm m$, $n=5$

Фракції білків	Групи тварин				
	контрольна	дослідні			
		I	II	III	IV
Загальний білок, г/л	68,25±0,88	71,32±1,15	* 71,62±1,12	** 72,00±0,89	*** 72,40±0,82
Альбуміни, %	39,37±1,39	42,31±0,96	43,48±1,52	43,93±1,60	44,37±1,55*
α-глобуліни, %	14,50±0,73	13,60±0,69	13,08±0,88	12,98±0,72	12,56±0,62*
β-глобуліни, %	16,49±0,40	16,63±0,57	16,36±0,34	16,25±0,28	16,45±0,26
γ-глобуліни, %	29,64±1,24	27,46±0,65	27,08±0,47	26,84±0,58	26,62±0,41*
A/G	0,65	0,73	0,77	0,78	0,80

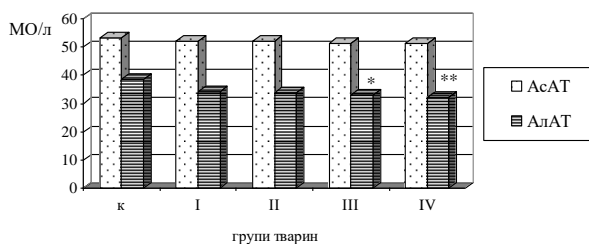


Рис. 2. Активність трансаміназ у сироватці крові бугайців, $M \pm m$, $n=5$

За використання метіонатів мікроелементів пригнічується негативна дія полютантів, зокрема спостерігається зростання активності сукцинатдегідрогенази (далі – СДГ) у дослідних групах, тоді як у контрольній групі вона залишалася без змін. Суттєвим збільшенням активності СДГ характеризувалась IV група тварин, де її концентрація в крові зросла на 15,6%.

Про інтенсивність білкового обміну в дослідних тварин можна судити за вмістом кінцевого обміну азотистих речовин – сечовини. Дослідженнями встановлено, що в крові тварин, організм яких піддається екзогенному впливу важких металів, рівень сечовини збільшений в 1,4 рази, що є свідченням зниження утилізації амоніаку в організмі. Застосування метіонатів вірогідно знижує концентрацію сечовини, яка нормалізується до меж фізіологічних норм: 34,4% ($p < 0,05$)–39,2% ($p < 0,02$).

Токсична дія важких металів щодо ферментів визначається їх взаємодією з SH-групами білкових молекул, що супроводжується пригніченням їх активності. Дослідженнями крові піддослідних бугайців встановлено значні зміни в концентрації сульфгідрильних груп білків за детоксикації організму метіонатами мікроелементів. Позитивний ефект від застосування хелатних сполук проявився вірогідним зростанням концентрації SH-груп у 2,14 рази щодо контрольної.

За використання метіонатів мікроелементів для нівелювання токсичного впливу важких металів відзначали зростання вмісту Купруму в крові бугайців на 44,0–70,0%, Кобальту – на 11,0–56,6% і Феруму – на 8,9–18,8%.

За надходження окремих важких металів в організм тварин порушуються процеси всмоктування окремих елементів, а натомість підвищується рівень цих токсичних сполук у крові¹¹. Під час визначення концентрації досліджуваних токсичних елементів у кормах забрудненої важкими металами агроєкосистеми спостерігали нижчий рівень Плюмбуму, ніж Нікелю. Таку ж закономірність виявлено в крові дослідних тварин. Застосування метіонатів мікроелементів сприяло зниженню рівня Нікелю в крові бугайців на 22,8–57,6% у порівнянні з контрольною групою, а Плюмбуму – на 11,8–51,0% (рис. 3).

Результати досліджень вказують на вищу енергію росту й розвитку відгодівельних бугайців, які отримували метіонати мікроелементів, що підтверджується показниками приросту живої маси тварин¹².

¹¹ Дашковський О.О., Фоміна М.В., Калин Б.М. Механізми токсичної дії свинцю на кровотворну систему і процеси обміну речовин в організмі корів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. Львів, 2013. Т. 14. № 1 (55). Ч. 4. С. 46–51.

¹² Калын Б.Н., Фомина М.В. Применение хелатных соединений микроэлементов для нивелирования токсического влияния тяжелых металлов и экологическая безопасность говядины. *Экология и инновации* : мат. VII междунар. научно-практ. конф. Витебск, 2008. С. 99–100.

Найвищою живою масою на кінець досліду характеризувались бугайці IV дослідної групи – 405,0 кг ($p<0,02$), загальний приріст яких за період досліду становив 182,4 кг ($p<0,01$), що на 20,7 кг більше за тварин контрольної групи й на 5,7–15,2 кг – за тварин I–III груп. Середньодобові прирости бугайців за згодовування хелатних сполук мікроелементів зросли на 3,3–12,8% у порівнянні з контрольною. Швидкість росту тварин дослідних груп водночас збільшилась на 1,5–3,7%, а інтенсивність росту – на 3,9–9,6%.

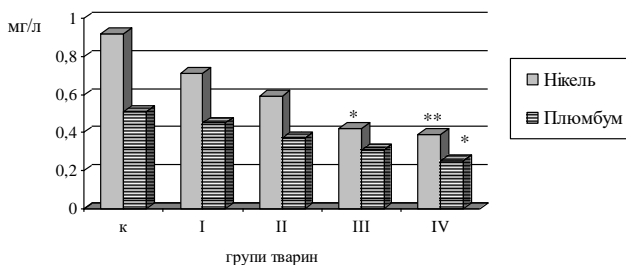


Рис. 3. Вміст Нікелю та Плюмбуму в крові бугайців за дії хелатних сполук мікроелементів, мг/л, $M\pm m$, $n=5$

За впливу метіонатів рівень Плюмбуму в яловичині знизився щодо контролю на 0,06–0,29мг/кг, що становить 10,3–50,0%; Нікелю, відповідно, – на 0,14–0,39мг/кг (21,8–60,9%), а це своєю чергою позитивно свідчить про екологічну безпечність такої продукції тваринництва (рис. 4).

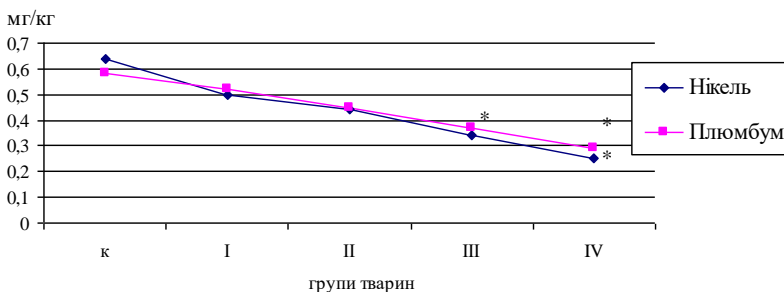


Рис. 4. Вміст Нікелю та Плюмбуму в яловичині за дії метіонатів мікроелементів, мг/кг, $M\pm m$, $n=3$

Позитивно впливала підгодівля метіонатами й на окремі фізико-хімічні й санітарні показники яловичини. У м'ясі тварин, яким згодовували хелатні сполуки, зростав вміст сухої речовини й золи. Вміст жиру був вищим у порівнянні з контролем на 0,1–0,6%, що забезпечило вищу калорійність м'яса й підвищило його смакові якості. Приріст вмісту протеїну в найдовшому м'язі спини в дослідних групах у порівнянні з контролем був вищим, відповідно, на 0,1–1,6%. Калорійність м'яса дослідних груп тварин була вищою на 1,3–14,4%¹³.

ВИСНОВКИ

З метою запобігання отруєнь сільськогосподарських тварин важкими металами й одержання екологічно безпечної продукції тваринництва потрібно проводити систематичний контроль за наявністю важких металів у кормовому раціоні тварин і запроваджувати контрзаходи, які забезпечать зменшення акумуляції поллютантів організмом тварин.

Виробництво екологічно безпечного молока та яловичини в локальних зонах техногенного навантаження, які б відповідали ветеринарно-санітарним і гігієнічним вимогам і були придатними для виробництва харчових продуктів, рекомендуємо згодовувати ентеросорбент – цеолітове борошно – в дозі 30 г на 1 к.о. впродовж лактації та 20 г на 1 к.о. впродовж завершальної відгодівлі, що дасть змогу знизити рівні важких металів у молоці й тканинах тварин до МДК.

Для усунення токсичного впливу важких металів на організм тварин, підвищення їх продуктивності й отримання екологічно безпечної продукції тваринництва в господарствах із надлишковим вмістом у ґрунті, воді й кормах важких металів необхідно додатково до основного раціону згодовувати впродовж відгодівельного періоду суміш хелатних сполук мікроелементів із метіоніном у дозах: CuMet і CoMet – по 0,03, FeMet – 0,05 мг/кг маси тіла тварини.

АНОТАЦІЯ

Сучасне ведення тваринницької галузі, особливо в локальних зонах техногенного навантаження, характеризується певними

¹³ Спосіб корекції обмінних процесів та підвищення продуктивності молодяку великої рогатої худоби на відгодівлі в умовах техногенного забруднення : пат. 124262 Україна. № 201711533 ; заявл. 24.11.2017 ; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6. 5 с.

особливостями, які суттєво впливають на загальний стан організму, продуктивність тварин та якість отриманої від них продукції. Високу токсичність і небезпечність для здоров'я тварин і людей проявляють важкі метали.

У профілактиці інтоксикації організму важкими металами важливе місце займає збалансування раціонів за елементами живлення та використання ентеросорбентів, що послаблює токсичну дію важких металів на клітинному й органному рівні, зменшує надмірне всмоктування їх із травного каналу й збільшує виведення їх з організму сільськогосподарських тварин.

Література

1. Butsyak A., Butsyak V., Shved O., Hubrii Z. Analysis of the adsorbents use for local reduction of toxic load with heavy metal. *Health and nanobio-technology. Human health: realities and prospects monographic series*. 2020. V. 5. P. 88–104.

2. Буцяк Г.А., Буцяк В.І., Швед О.В., Губрій З.В. Особливості екосорбції ентеросорбентом за токсичного навантаження важких металів. *СТАС. Хімія, технологія речовин та їх застосування*. 2020. Т. 3. № 2. С. 28–36.

3. Butsiak H.A., Butsiak V.I., Gutyj B.V., Kalyn B.M., Muzyka L.I. Migration of heavy metal mobile forms into the plant vegetative mass under anthropogenic load. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 11 (1). P. 329–343. DOI: 10.15421/2021_50.

4. Буцяк В.І., Буцяк А.А. Using of zeolite tuffs as enterosorbens in cows pourishment. *Вісник Національного університету «Львівська Політехніка»*. Львів, 2014. № 781. С. 27–31.

5. Буцяк В.І., Кравців Р.Й., Буцяк Г.А., Черевко М.В. Використання ентеросорбентів для покращення якості тваринницької продукції. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. Львів, 2008. Т. 10. № 1 (6). Ч. 1. С. 193–198.

6. Буцяк В.І., Буцяк А.А., Музика Л.І. Influence of Zeolite Powder as Feed Additive on Productive Qualities of Bull Fattening at Low-Dose Radiation Load. *Міжнародний збірник наукових праць Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. Part II*. 2016. P. 41–46.

7. Буцяк В.І., Буцяк А.А. Морфо-биохимические показатели крови и активность ферментов обмена углеводов в тканях коров при антропогенной нагрузке. *Stiinta agricolă. Universitatea agrară de stat din Moldova*. 2014. Nr. 1. S. 111–115.

8. Буцяк В.И., Буцяк А.А. Производство экологически чистого молока в биогеохимических провинциях. *Сборник научных трудов «Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства»*. Белорусская ГСА, Горки. 2009. В. 12. Ч.1. С. 393–399.

9. Калин Б.М. Застосування хелатних сполук мікроелементів у годівлі тварин : методичні рекомендації / ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького. Львів, 2011. 40 с.

10. Lavryshyn Y., Gutyj B., Leskiv Ch., Kalyn B., Holub O., Romanovych M. The effect of cadmium on the level of vitamins A and E in the blood of young cattle. *Colloquium-journal*. 2020. No. 32 (84). P. 11–14. DOI: 10.24412/2520-2480-2020-3284-11-14.

11. Дашковський О.О., Фоміна М.В., Калин Б.М. Механізми токсичної дії свинцю на кровотворну систему і процеси обміну речовин в організмі корів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. Львів, 2013. Т. 14. № 1 (55). Ч. 4. С. 46–51.

12. Калын Б.Н., Фомина М.В. Применение хелатных соединений микроэлементов для нивелирования токсического влияния тяжелых металлов и экологическая безопасность говядины. *Экология и инновации* : мат. VII междунар. научно-практ. конф. Витебск, 2008. С. 99–100.

13. Спосіб корекції обмінних процесів та підвищення продуктивності молодняку великої рогатої худоби на відгодівлі в умовах техногенного забруднення : пат. 124262 Україна. № 201711533 ; заявл. 24.11.2017 ; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6. 5 с.

Information about the authors:

Butsiak Hanna Andriivna,

Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,
Associate Professor at the Faculty of Ecology
Stepan Gzhytskiy National University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies of Lviv
50, Pekarska str., Lviv, 79010, Ukraine

Kalyn Bohdana Mykolaivna,

Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,
Associate Professor at the Faculty of Ecology
Stepan Gzhytskiy National University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies of Lviv
50, Pekarska str., Lviv, 79010, Ukraine