

УДК 636.5.082:635.083.002:546.4/.8:574

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВІДХОДАХ КРОЛЕФЕРМИ ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА УТИЛІЗАЦІЯ

Р.В. Безділь¹, Т.М. Пушкарьова-Безділь², М.А. Щетина³

Наведено результати досліджень вмісту важких металів (кадмію, кобальту, хрому, міді, заліза, марганцю, нікелю, свинцю та цинку) у відходах кролеферми – гної кролів та екологічну оцінку його утилізації (шляхом вермикомпостування) за вмістом цих елементів. За величинами концентрації у гної кролів важкі метали розмішувалися у такій послідовності: марганець > залізо > цинк > мідь > свинець > хром > нікель > кобальт > кадмій. При цьому встановлено досить високі рівні марганцю (перевищення ГДК у ґрунті в 1,9 раза) та цинку (перевищення ГДК у ґрунті у 3,9 раза). Концентрація інших важких металів не перевищувала ГДК. Під час використання гною із кролеферми потрібно враховувати наявність у ньому високих концентрацій цинку та марганцю.

Ключові слова: важкі метали, кролеферма, гній, вермикультура, субстрат.

Нині в Україні виробляють небагато кролятини, у 15 областях країни не зафіксовано виробництва жодної тонни. Однак стимулом до широкого розвитку кролівництва, його швидкого розповсюдження є успіхи у м'ясному кролівництві країн Європи і досягнення цієї галузі в Україні у 70-80 роках ХХ ст., коли Україна виробляла 6-8 % світового обсягу продукції і 60-80 % колишнього союзного. Середньорічне виробництво кролятини становило 5-6 кг на 1 мешканця. Прикладом відродження цієї галузі можуть слугувати найбільші кролеферми України, зокрема ферма, що функціонує на території Манківського р-ну Черкаської обл. На сьогодні у ТОВ "Кролікофф" утримується до 50 тис. голів, загалом по Україні – до 1 млн голів [8].

Проте відновлення великомасштабного тваринництва в Україні ставить перед науковцями та практиками серйозні проблеми у галузі збереження екологічної чистоти навколишнього середовища поблизу підприємств з виробництва тваринницької продукції. Нагальною потребою у функціонуванні тваринницьких комплексів є утилізація і перероблення гною. По-перше, економічно невигідно складувати багато відходів і зберігати її визначений час; по-друге, ця проблема зумовлена високими витратами на повне перероблення; по-третє, відсутній відповідний комплекс машин і обладнання, призначеного для перероблення великого обсягу відходів. Внаслідок цього відбувається нагромадження їх на території ферм, розмноження і поширення патогенних мікроорганізмів, забруднення атмосферного повітря сірководнем, аміаком, молекулярним азотом та іншими токсикогенними неагресивними сполуками, а також важкими металами.

До важких металів відносять понад 40 елементів, що мають атомну масу більше 50 [1]. У періодичній системі Д.І. Менделєєва вони починаються зі Sc. Найбільш поширеними важкими металами є: Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Sn, V, Cr, Mo, Mn та Ni. Нерідко дослідники проводять спільне вивчення важких металів і металоїдів у ґрунтах, об'єднуючи їх в одну групу, яка охоплює 58 хімічних еле-

ментів з атомною масою понад 50. У періодичній системі елементів група важких металів і металоїдів розпочинається з ванадію і закінчується ураном. Варто зазначити, що металоїдами називають елементи, що мають спільні властивості, характерні як для металів, так і для неметалів. До металоїдів відносять такі елементи, як As, F, Sb, Bi, Ge, Po та ін. [3, 16].

Забруднення ґрунтів марганцем особливо істотне поблизу цементних заводів. Марганець у ґрунтах знаходиться у вигляді дво-, три- і чотиривалентного іона. Сполуки марганцю добре розчинні, особливо за кислої реакції середовища. У ґрунті марганець може заміщувати обмінні основи – Ca^{2+} і Mg^{2+} , а у ґрунтового розчині утворює комплекси з органічною речовиною (в основному з фульвокислотами). З гідроксидами заліза марганець утворює залізомарганцеві конкреції [3].

Токсична дія марганцю на людину та теплокровних пов'язана з ураженням ЦНС, де він спричиняє органічні зміни екстрапірамідалного характеру, у тяжких випадках – паркінсонізм. В основі екстрапірамідалної недостатності в разі хронічного отруєння марганцем лежить ураження дофамінергічної системи мозку. Пригнічення біосинтезу катехоламінів пов'язане з впливом марганцю на окислювальні ферменти, локалізовані на мітохондріях, де нагромаджується марганець. Збій у біосинтезі катехоламінів має вплив на поведінку і зміни з боку психіки, в разі хронічного отруєння марганцем. Але марганець є і політропною отрутою, що вражає також легені, серцево-судинну і гепатобіліарну системи, впливає на еритропоез, ембріогенез, спричиняє алергічний і мутагенний ефекти [11].

Через широкомасштабне забруднення довкілля свинцем (Pb), верхні горизонти більшості ґрунтів збагачені цим елементом. Кларк свинцю в ґрунтах світу становить 10 мг/кг [4]. Рівень ГДК свинцю для ґрунтів дорівнює 32 мг/кг [13]. До основних джерел забруднення ґрунтів свинцем відносять автотранспорт і кольорову металургію, при цьому 11 % від загальних викидів свинцю – це виробництво заліза, сталі, феросплавів. У ґрунтах свинець менш рухливий, ніж інші важкі метали. За нейтральної і лужної реакції середовища рухливість свинцю значно знижується. Свинець добре закріплюється органічною речовиною ґрунту. Крім цього, цей елемент у ґрунтах хемосорбується у формі фосфатів, гідроксидів і карбонатів. Дослідники із США встановили високий позитивний зв'язок між вмістом свинцю і заліза в ґрунтах [3].

Свинець токсично діє на такі системи організму: нервову, гемопоетичну, ендокринну, сечовидільну, репродуктивну, епітеліальну, кісткову [17]. Основна частина свинцю, яка надходить в організм тварин і людини (до 90 %), депонується у кістковій тканині, де може акумулюватися у значних концентраціях внаслідок тривалого періоду напіввиведення (5-20 років). В інших тканинах і крові обмін свинцю перебігає значно швидше, тривалість його перебування у них після надходження в організм не перевищує кількох днів [10].

Ванадій, переважно, рівномірно розподілений за профілем. Кларк ванадію у ґрунтах світу дорівнює 100 мг/кг [4]. Рівень ГДК за ванадієм у ґрунтах становить 150 мг/кг [13]. Поведінку ванадію в ґрунтах вивчено мало. Відомо,

¹ ст. лаборант Р.В. Безділь – Уманський НУ садівництва;

² доц. Т.М. Пушкарьова-Безділь, канд. с.-г. наук – Уманський НУ садівництва;

³ викл. М.А. Щетина, канд. екон. наук – Уманський НУ садівництва.

що ванадій добре асоціюється органічною речовиною. Цей елемент має високий прямий зв'язок із вмістом заліза, що було встановлено на ґрунтах США. Окрім цього, існує прямий зв'язок із вмістом калію і марганцю у ґрунті [3].

Ванадій є нейротоксичною і геморагічно-ендотеліотоксичною отрутою з нефротоксичним, гепатотоксичним, лейкоцитотоксичним і гематоксичним компонентами. У разі інтоксикації ванадієм виникають захворювання органів дихання, порушення функції печінки, ураження клубочкової і каналцевої систем нирок. Ванадій негативно впливає також на серцево-судинну та центральну нервову системи. Безпосередній механізм дії ванадію полягає у гальмуванні процесів тканинного дихання [14].

Основні джерела забруднення ґрунтів цинком, за даними Расуна D.M. [22], – це цинкоплавильні заводи (60 %). Так, у верхньому горизонті ґрунту на відстані 500 м від цинкоплавильного заводу виявлено 14125 мг/кг цинку. Кларк цинку у ґрунтах світу, за А.П. Виноградовим 50 мг/кг [4]. Цинк є найбільш розчинним елементом у ґрунті. З гумусом цей елемент утворює стійкі сполуки. Адсорбція цинку ґрунтом залежить від рН. У лужному середовищі цинк адсорбується за механізмом хемосорбції, а у кислому середовищі відбувається катіонно-обмінне поглинання. Якнайповніше цинк адсорбується оксидами заліза. Не випадково у ґрунтах США було встановлено високий зв'язок цинку із змістом заліза [3].

У разі парентерального надходження в організм великої дози сполук цинку відбувається розлад функцій нирок, розвивається катар слизової оболонки шлунково-кишкового тракту та виразки шлунка. За тривалого надходження також спостерігають схуднення, розлад діяльності серця та ниркову недостатність [18]. Вміст хрому у ґрунтах в основному визначається його вмістом у ґрунтоутворювальній породі. Кларк хрому для ґрунтів світу дорівнює 200 мг/кг. До основних техногенних джерел надходження хрому відносять металургійну і хімічну промисловість. У кислих ґрунтах хром практично нерухомий, а за рН 5,5 випадає в осад [3].

Надлишок хрому в організмі людини може спричинити ракові захворювання, астму, порушення вуглеводного обміну [6]. Особливістю поширення міді у ґрунтах є акумулювання цього елемента поверхневими горизонтами, що спричинено техногенним впливом на довкілля та біоаккумуляцією. Кларк міді в ґрунтах світу становить 20 мг/кг. ГДК цього елемента для ґрунтів України становить 55 мг/кг [3, 9, 13].

У ґрунтах мідь переважно міститься у валовій формі і є малорухомим елементом. Основна частина міді у ґрунтах пов'язана з оксидами заліза і марганцю. При цьому мідь тісніше асоціюється з марганцем, ніж із залізом. Гумінові кислоти утворюють з міддю стійкі полімери. За лужної реакції середовища спостерігають найменшу розчинність міді [1, 3]. Концентрація міді в довкілльному середовищі, а саме у ґрунті, може бути лімітуючим фактором розвитку багатьох організмів. Як нестача, так і надлишок міді в організмі спричиняють захворювання у тварин і рослин. Наприклад, відомий факт захворювання домаш-

ніх тварин анемією через нестачу у ґрунті пасовищ сполук міді; ця ж причина зумовлює у рослин затримку утворення хлорофілу.

У ґрунті сполуки міді пригнічують активність нітрофікуючих бактерій, затримуючи мінералізацію азоту, і цим самим знижують врожай сільськогосподарських культур; спричиняють хлороз у рослин, а також загибель дощових черв'яків (у цьому випадку порушується структура ґрунту, порушується його водопроникність, погіршується водно-повітряний режим) [6]. Мідь відносять до групи високотоксичних металів. Солі міді, в разі потрапляння до організму, руйнують еритроцити; спричиняють розлад нервової системи, нирок та печінки, зниження імунобіологічної реактивності [6].

Вміст нікелю у ґрунтах переважно залежить від насиченості цим елементом ґрунтоутворювальних порід. Проте у більшості випадків рівень нікелю у ґрунтах пов'язаний з масштабами техногенного забруднення. Кларк нікелю у ґрунтах світу становить 40 мг/кг. Рівень ГДК нікелю у ґрунтах України відповідає значенню 85 мг/кг [9, 13].

Нікель потрапляє у ґрунт внаслідок промислових викидів та спалювання палива. Високий вміст нікелю від 2000 до 10000 мг/кг мають міські осади стічних вод та гальваношлами. Нікель у ґрунтах утворює сполуки з органічною речовиною у формах легкорозчинних хелатів. Внутрішньопрофільна міграція нікелю відбувається у двовалентній формі. Варто зазначити, що до 30 % нікелю у ґрунтах пов'язано з оксидами заліза і марганцю [3]. Токсичний ефект нікелю реалізується на клітинному і субклітинному рівнях (зниження активності низки металоферментів, порушення синтезу білка, РНК і ДНК).

Канцерогенну дію нікелю (за депонування його в тканинах) можна узагальнити так: інгібування активності бенз (а) піренгідроксилази і ферментів детоксикації канцерогенів; пригнічення активності природних кіллерів; формування комплексу білок-нікель-ДНК; розрив молекул ДНК з порушенням транскрипції, зокрема індукції синтезу РНК; індукція хромосомних пошкоджень; поява хромосомних мутацій, активація онкогенів; розвиток метапластичних, диспластичних і неопластичних процесів (рак різної локалізації) [19].

Сполуки миш'яку – арсенати легко фіксуються органічними та мінеральними компонентами ґрунтів. Кларк миш'яку у ґрунтах світу, за А.П. Виноградовим [4] становить 5 мг/кг. Мінімальну концентрацію миш'яку встановлено для піщаних ґрунтів. Його максимальні кількості виявлено в алювіальних ґрунтах та у ґрунтах, багатих на органічну речовину. Основним джерелом техногенного миш'яку є миш'яковмісні відвали руди. Варто зазначити, що одна тонна викидів підприємств кольорової металургії містить до 3 кг As. У ґрунтах миш'як може знаходитись у трьох- і п'ятивалентній формі. При цьому п'ятивалентний миш'як адсорбується міцніше, ніж тривалентний миш'як. У кислих умовах (до рН 4,7) із збільшенням рН розчинність миш'яку зменшується, а з подальшим збільшенням показника рН середовища вона зростає [3].

У разі контакту з клітинами життєво важливих органів миш'як, блокуючи сульфгідрильні групи ферментів, гальмує окислювально-відновні процеси, що виявляється різким порушенням їхньої функції і мікроструктури. Внаслідок де-

фіциту енергії АТФ різко знижується тунус стінок судин і капілярів, що призводить до падіння кров'яного тиску й ослаблення серцево-судинної діяльності [6].

Кадмій негативно впливає на біохімічні процеси та фізіологічні функції в організмі тварин і людини. Особливістю шкідливої дії кадмію є швидке його засвоєння організмом і повільне виведення, що призводить до кумуляції цього металу в тканинах. Кадмій нагромаджується переважно у печінці і нирках [20] і має тривалий період напіввиведення (до 30 років), тобто, у прикладному аспекті можна вважати, що для тварин депонування кадмію в організмі є пожиттєвим. Токсичний ефект кадмію найбільш виражений для нирок [17] і кісткової тканини. У нирках кадмій спричиняє дисфункцію нефронів, що призводить до пригнічення зворотного всмоктування амінокислот, глюкози, фосфору і олігопептидів. У кістковій тканині під впливом кадмію порушуються процеси кальцифікації. Кадмій спричиняє онкологічні захворювання, може бути причиною виникнення мутацій, руйнування ланцюга ДНК, хромосомних аберацій. Кадмій впливає на трансмембранну передачу гормональних сигналів у клітинах [21], репродуктивну функцію і процеси пероксидного окиснення в організмі. Він змінює активність протеїнкінази С і мітоген-протеїнкінази, порушує метаболізм циклічної АМР [23]. Низькі дози кадмію в організмі тварин стимулюють апоптоз клітин, у разі збільшення дози кадмію у клітинах починаються некротичні зміни [10].

Отже, з утворенням надлишкового вмісту важких металів у природному середовищі, проблема забруднення ними ґрунтів набула актуальності, адже сполуки цих елементів характеризуються великою токсичністю за низьких концентрацій, акумулюються в окремих ланках трофічного ланцюга і створюють реальну небезпеку існуванню живих організмів [7].

У практиці годівлі кролів деякі важкі метали (метали-мікроелементи) широко використовують як незамінні елементи живлення. У біогенний колообіг при цьому залучаються також метали, які здійснюють чітко виражений вплив на організм цих тварин (мідь, свинець, цинк). Дослідження показників міграції важких металів у діяльності біотехнологічних систем з виробництва продукції кролівництва, якими є потужні кролеферми, дають змогу з'ясувати деякі питання щодо інтенсивності колообігу важких металів та екологічної ситуації у зоні діяльності кролеферм.

Мета роботи – визначення вмісту важких металів (кадмію, кобальту, хрому, міді, заліза, марганцю, нікелю, свинцю та цинку) у відходах кролеферми – гної кролів та екологічна оцінка його утилізації (шляхом вермикомпостування) за вмістом цих елементів.

Об'єкт дослідження – гній кролів, різні види субстратів після вермикомпостування.

Предмет дослідження – визначення вмісту важких металів (кадмію, кобальту, хрому, міді, заліза, марганцю, нікелю, свинцю та цинку) у гної кролів та різних видів субстратів після вермикомпостування.

Методика досліджень. Дослідження проведено у ТОВ "Кролікофф" (Манківський р-н, Черкаська обл.) у 2012 р. Це господарство є спеціалізованим

підприємством із виробництва м'яса кролів. ТОВ "Кролікофф" забезпечене сучасним обладнанням, зокрема електронним клімат-контролем у приміщенні. Кожна тварина (кролі породи "Nulpus") має окрему клітку, у всіх приміщеннях сучасні системи вентиляції.

Після народження і вибракування кроленята утримуються з самкою (підсисний період) 35 днів. Протягом року отримують 6-7 окролів від однієї кролематики і вирощується в середньому 55-58 голів молодняку. Щільність посадки молодняку до досягнення ним 77-85 днів – по 6-7 особин у клітці. Годівлю кролів здійснюють повноцінними комбікормами, отриманими на власному заводі ТОВ "Кролікофф" [5].

Проведено відбір зразків посліду із гноєсховища, яке розташоване за межами виробничої зони кролеферми. Відбір зразків гною із гноєсховища здійснювали один раз на квартал протягом року. Також для порівняння (на вміст важких металів після перероблення субстратів червоним гнойовим черв'яком) проводили дослідження із вермикомпостами: № 1 – кролячий гній (100 %); № 2 – вичавки із плодів яблук (50 %) + кролячий гній (40 %) + солома (10 %); № 3 – вичавки із плодів яблук (50 %) + кролячий гній (25 %) + солома (25 %). Відібраний матеріал висушували до абсолютно сухої речовини за температури 105 °С, потім спалювали у муфельній печі за температури не вище 450 °С. Золу зразків розчиняли підігріванням у 6 н розчині соляної кислоти, розбавляли бідистильованою водою, фільтрували й отриманий фільтрат використовували для визначення вмісту кадмію, кобальту, хрому, міді, заліза, марганцю, нікелю, свинцю та цинку. Концентрацію важких металів у підготовлених кислотних витяжках визначали методом полуменевої атомно-абсорбційної спектроскопометрії на приладі ААС-3 [15]. Отримані показники концентрації металів статистично обробляли.

Результати досліджень та їх обговорення. Гній на кролефермі формується завдяки екскрементам кролів, решткам кормів та іншим домішкам.

З господарського погляду, практичний інтерес становлять показники концентрації важких металів у гної із гноєсховища, який можуть безпосередньо вносити у ґрунти сільськогосподарських угідь як органічне добриво. Під час функціонування кролеферми протягом року може нагромадитись близько 2200 т гною [2]. Виходячи з цього, у складі гною будуть міститися такі концентрації важких металів (кг): кадмію – 0,022; кобальту – 0,44; хрому – 6,93; міді – 61,5; заліза – 4177; марганцю – 6530; нікелю – 3,9; свинцю – 10,1 та цинку – 871,9. Отримані величини вмісту важких металів вимагають раціонального використання гною як добрива для забезпечення екологічного благополуччя у зоні функціонування кролеферми.

Показники концентрації важких металів у гної кролів наведено у табл., де дані щодо вмісту важких металів у гної подано в розрахунку на абсолютно суху речовину. За величинами концентрації у гної (див. табл.), метали розміщувалися у такій послідовності: марганець > залізо > цинк > мідь > свинець > хром > нікель > кобальт > кадмій.

У нашому досліді у субстраті № 1 (кролячий гній) після вермикомпостування виявлено зниження вмісту важких металів, наприклад, свинцю – на 8,7 %,

заліза – на 6 %, міді – на 5,4 %, хрому – на 5,1 %, марганцю – на 3,8 %, нікелю – на 3,4 % та цинку – на 3,3 %. Найбільше достовірне значення зафіксовано щодо зниження вмісту кобальту – на 25 % ($P < 0,001$). Не знизився вміст кадмію, однак, треба зазначити, що вміст цього важкого металу у вихідному субстраті (гної із гноєсховища) було найнижчим. Щодо перевищення значень ГДК важких металів у ґрунтах [9], було зафіксовано перевищення тільки за двома елементами – за марганцем (у 1,9 раза) та за цинком (у 3,9 раза).

Табл. Вміст важких металів у гної кролів кролеферми та вермикомпостах, M^m , мг/кг – абсолютно сухої речовини

Важкий метал	Кролячий гній із гноєсховища, $n=10$	Кролячий гній (вермикомпост 1), $n=10$	Вермикомпост 2 (вичавки із плодів яблук (50 %) + кролячий гній (40 %) + солома (10 %)), $n=10$	Вермикомпост 3 (вичавки із плодів яблук (50 %) + кролячий гній (25 %) + солома (25 %)), $n=10$	ГДК важких металів у ґрунті
Cd	0,01 $^{\pm 0,006}$	0,01 $^{\pm 0,006}$	0,01 $^{\pm 0,006}$	0,01 $^{\pm 0,006}$	3
Co	0,20 $^{\pm 0,007}$	0,15 $^{\pm 0,006}$	0,17 $^{\pm 0,005}$	0,15 $^{\pm 0,006}$	50
Cr	3,15 $^{\pm 0,006}$	2,99 $^{\pm 0,005}$	2,63 $^{\pm 0,003}$	2,76 $^{\pm 0,004}$	100
Cu	27,96 $^{\pm 0,007}$	26,45 $^{\pm 0,006}$	24,81 $^{\pm 0,004}$	26,17 $^{\pm 0,005}$	55
Fe	1898,7 $^{\pm 0,07}$	1784,5 $^{\pm 0,06}$	1687,7 $^{\pm 0,05}$	1754,5 $^{\pm 0,06}$	–
Mn	2968,2 $^{\pm 0,07}$	2856,7 $^{\pm 0,06}$	2749,5 $^{\pm 0,05}$	2819,2 $^{\pm 0,06}$	1500
Ni	1,77 $^{\pm 0,007}$	1,71 $^{\pm 0,006}$	1,56 $^{\pm 0,004}$	1,68 $^{\pm 0,005}$	85
Pb	4,6 $^{\pm 0,09}$	4,2 $^{\pm 0,08}$	3,4 $^{\pm 0,07}$	4,1 $^{\pm 0,08}$	32
Zn	396,3 $^{\pm 0,09}$	383,2 $^{\pm 0,09}$	352,21 $^{\pm 0,06}$	375,3 $^{\pm 0,08}$	100

Щодо інших вермикомпостів (№ 2 та 3), із домішками вичавок із плодів яблук та соломи у якості наповнювача, то там вміст важких металів теж знизився незначно. Щодо цього у літературних джерелах думки про вплив черв'яків щодо вмісту важких металів у отриманому біогумусі не збігаються. Існує дві думки. Одна із них – черв'яки не зменшують вміст металів у масі відходів. Щодо другої – під час внесення вермикомпосту відбувається включення важких металів до каркасу ґрунтових педів, і вони стають недоступними для рослин або ж самі черв'яки акумулюють важкі метали [12].

Отже, виробнича діяльність кролеферми супроводжується нагромадженням значного обсягу відходів – гною, до складу якого входять значні концентрації важких металів. Використання гною як органічного добрива чи як сировини для перероблення біотехнологічними методами (вермикольтивування) потребує врахування надходження важких металів у наступні ланки біогенної міграції цих елементів для запобігання їх нагромадженню у високих концентраціях.

Висновки:

1. Інтенсифікація кролівництва, особливо в умовах великих ферм, що працюють за промисловою технологією, породжує низку завдань, серед яких важливе місце належить раціональній утилізації відходів – гною кролів.
2. Гній кролів унаслідок діяльності великої кролеферми нагромаджується у значних концентраціях, виступає кінцевою ланкою нагромадження деяких хімічних сполук і елементів, зокрема важких металів (кадмію, кобальту, хрому, міді, заліза, марганцю, нікелю, свинцю та цинку), які із комбікормів, води після метаболізму в організмі кролів переходять у гній.

3. За величинами концентрації у гної кролів важкі метали розмішувалися у такій послідовності: марганець > залізо > цинк > мідь > свинець > хром > нікель > кобальт > кадмій. При цьому встановлено досить високі рівні марганцю (перевищення ГДК у ґрунті в 1,9 раза) та цинку (перевищення ГДК у ґрунті у 3,9 раза). Концентрація інших важких металів не перевищувала ГДК. Найнижчими були концентрації кадмію та кобальту.
4. Після вермикомпостування встановлено зниження вмісту важких металів, наприклад, свинцю – на 8,7 %, заліза – на 6 %, міді – на 5,4 %, хрому – на 5,1 %, марганцю – на 3,8 %, нікелю – на 3,4 % та цинку – на 3,3 %. Найбільше достовірне значення зафіксовано щодо зниження вмісту кобальту – на 25 %.
5. Під час використання гною із кролеферми потрібно враховувати наявність у ньому високих концентрацій цинку та марганцю. Внесення гною як органічного добрива потребує систематичного моніторингу за динамікою міграції важких металів у ґрунтах сільськогосподарських угідь у зоні діяльності кролеферми.

Література

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л. : Изд-во "Агропромиздат", 1987. – 142 с.
2. Безділь Р.В. Екологічні проблеми та оцінка складу атмосферного повітря у зоні тваринницьких комплексів – кролеферм / Р.В. Безділь // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.9. – С. 124-131.
3. Васильев А.А. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения / А. Васильев, А. Чашин. – Пермь : ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 197 с.
4. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 237 с.
5. Коваленко А.М. Вирощування кролів вигідна справа / А.М. Коваленко // Маньківські новини : зб. наук. праць, 2011. – С. 4-5.
6. Ковирягіна Н.І. Екологія та людина (метали в навколишньому середовищі) / Н.І. Ковирягіна. – Харків : Вид-во Харків. ліцею міського господарства Харків. обл. Ради, 2006. – 9 с.
7. Куркіна С.В. Вміст важких металів у відходах птахокомбінату та екологічні особливості їх утилізації / С.В. Куркіна, О.І. Розпутній // Технологія виробництва і перероблення продукції тваринництва : зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 7. – С. 117-120.
8. Леонідов А. Галузі тваринництва – постійну увагу / А. Леонідов // Маньківські новини : зб. наук. праць. – 2011. – № 04.02. – С. 4.
9. Некос В.Ю. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : підручник [для студ. еколог. спец. ВНЗ] / В.Ю. Некос, Н.В. Максименко, О.Г. Владимірова, А.Ю. Шевченко. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Харків : Вид-во ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2007. – 288 с.
10. Параняк Р.П. Шляхи надходження важких металів в довкілля та їх вплив на живі організми / Р.П. Параняк, Л.П. Васильцева, Х.І. Макух // Біологія тварин : зб. наук. праць. – 2007. – Т. 9, № 1-2. – С. 83-89.
11. Педан Л.Р. Профілактика впливу чинників навколишнього середовища на здоров'я за допомогою мікроелементу марганцю / Л.Р. Педан // Гігієна населених місць : зб. наук. праць. – 2013. – № 62. – С. 325-345.
12. Романова Е.М. Сравнительный анализ эффективности утилизации отходов животноводства с использованием красного калифорнийского гибрида (E.F. Andrei) / Е.М. Романова, М.Э. Мухитова, Е.В. Титова // Известия Оренбургского Государственного Аграрного Университета. – 2008. – № 17-1. – С. 159-162.
13. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. СанПиН 42-128-1433-87. – М. : Изд-во "Минздрав", 1988. – 27 с.

14. Смоляр В.І. Ванадій в харчових продуктах і раціонах, його біологічна роль та токсичність / В.І. Смоляр, Г.І. Петрашенко // Проблеми харчування : зб. наук. праць. – 2010. – Вип. 3-4. – С. 56-60.

15. Хавезов И. Атомно-абсорбционный анализ : пер. с бол. Г.А. Шейниной / И. Хавезов, Д. Цалев; под ред. С.З. Яковлевой. – Л. : Изд-во "Химия", 1983. – 144 с.

16. Шарманов Т.М. Токсикология фосфора, фтора и их неорганических соединений / Т. Шарманов, А. Мамырбаев. – Алма-Ата : Изд-во "Голым", 1992. – 140 с.

17. Antonio G.T. Biochemical changes in the kidneys after perinatal intoxication with lead and or cadmium and their antagonistic effects when coadministered Ecotoxicol Environ Saf / G. Antonio, L. Corredor. – 2004. – Vol. 57 (2). – Pp. 184-189.

18. Assessing zinc thresholds for phytotoxicity and potential dietary toxicity in selected vegetable crops / X.X. Long, X.E. Yang, W.Z. Ni. [et al.] // Commun. Soil Sci. Plant Anal. – 2003. – Vol. 34. – Pp. 1421-1434.

19. Cavani A. Breaking tolerance to nickel / A. Cavani // Toxicology. – 2005. – Vol. 209 (2). – Pp. 119-121.

20. Barbier O. Effect of heavy metals on, and handling by, the kidney / O. Barbier, G. Jacquillet, M. Tauc, M. Cougnon, P. Poujeol // Nephron Physiol. – 2005. – Vol. 99 (4). – Pp. 105-110.

21. Nam D.H. Monitoring for Pb and Cd pollution using feral pigeons in rural, urban, and industrial environments of Korea / D.H. Nam, D.P. Lee // Sci. Total Environ. – 2006. – Vol. 15. – 357 (1-3). – Pp. 288-295.

22. Pacyna D.M. Emission and long-range transport of trace-elements in Europe / D.M. Pacyna, D.E. Hanssen // Tellus. – 1984. – Vol. 36. – No. 3. – Pp. 163-178.

23. Phillips C.J. The effects of cadmium in feed, and its amelioration with zinc, on element balances in sheep / C.J. Phillips, P.C. Chiy, H.M. Omed // J. Anim. Sci. – 2004. – Vol. 82 (8). – Pp. 2489-2502.

Надіслано до редакції 10.02.2016 р.

Бездиль Р.В., Пушкарёва-Бездиль Т.Н., Щетина М.А. Содержимое тяжелых металлов в отходах кролефермы и их экологически безопасная утилизация

Приведены результаты исследований содержания тяжелых металлов (кадмия, кобальта, хрома, меди, железа, марганца, никеля, свинца и цинка) в отходах кролефермы – навозе кроликов и экологическая оценка его утилизации (путем вермикомпостирования) по содержанию этих элементов. По величинам концентрации в навозе кроликов тяжелые металлы размещались в следующей последовательности: марганец > железо > цинк > медь > свинец > хром > никель > кобальт > кадмий. При этом установлены достаточно высокие уровни марганца (превышение ПДК в почве в 1,9 раз) и цинка (превышение ПДК в почве в 3,9 раз). Концентрация других тяжелых металлов не превышала ПДК. При использовании навоза из кролефермы необходимо учитывать наличие в нем высоких концентраций цинка и марганца.

Ключевые слова: тяжелые металлы, кролеферма, навоз, вермиккультура, субстрат.

Bezdil R.V., Pushkariova-Bezdil T.M., Shchetyna M.A. The Content of Heavy Metals in Rabbit Farm Waste and their Environmentally Safe Utilization

The results of studies of the content of heavy metals such as cadmium, cobalt, chromium, copper, iron, manganese, nickel, lead and zinc in the rabbit farm waste – manure of rabbits and environmental assessment of its utilization (by vermicompost) by the content of these elements are given. By the magnitude of concentrations in rabbit manure heavy metals were placed in the following order: manganese> iron> zinc> copper> lead> chrome> nickel> cobalt> cadmium. Thus relatively high levels of manganese (maximum permissible concentration in soil is in 1.9 times) and zinc (maximum permissible concentration in soil is 3.9 times) are determined. The concentration of other heavy metals did not exceed MPC. When using manure from a rabbit farm the presence of a high concentration of zinc and manganese must be taken into account.

Keywords: heavy metals, rabbit farm, manure, vermiculture, substrate.

УДК 338.[58+14]:504

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОСОЛІТОНІВ – ДОСЯГНЕННЯ БЕЗВІДХОДНОГО ВИРОБНИЦТВА

М.І. Бублик¹, Р.І. Зварич²

Досліджено сучасний процес формування ринкових відносин, який супроводжується потужним техногенним навантаженням на навколишнє середовище. Запропоновано успішне вирішення цих проблем через підвищення ефективності наявних природоохоронних механізмів і формування моделі техносолітону. Ця модель містить інноваційні технології взаємодії побічними продуктами, серед яких: викиди, скиди та техногенні відходи разом зі спожитою продукцією підприємств. Модель техносолітону, сформована на основі індустріального симбіозу, дає змогу впровадити технології безвідходного виробництва та досягнути мінімальних техногенних збитків.

Ключові слова: безвідходне виробництво, техносолітон, механізми природокористування, економічні збитки, техногенне навантаження.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Проблема ефективного використання ресурсів, а також відходів сформувала потребу пошуку пріоритетних напрямів виробництва і технологій з метою зменшення техногенного навантаження на довкілля. Це сприяє розробленню нових підходів до використання та утилізації відходів, що, своєю чергою, потребує гармонізування дій держави і бізнесу, спрямованих на посилення екологічної безпеки. Максимізація ж прибутку від господарської діяльності підприємств можливе і внаслідок зменшення економічних втрат та наслідків від неї. З огляду на це, особливої актуальності набуває проблема пошуку таких ефективних природоохоронних моделей.

Аналіз останніх публікацій по проблемі. Проблема розвитку концепції сталого розвитку та пошуку дієвих природоохоронних механізмів досліджено у працях видатних українських вчених: О.М. Алимova [1], В.В. Микитенко [2], О.П. Крайник [3], О.Є. Кузьміна [4], А.І. Яковлева [5] та ін. Однак у формуванні збалансованих взаємовідносин між людиною і природою невіршеним залишається завдання пошуку ефективних моделей, спрямованих на розвиток безвідходного виробництва.

Формування цілей дослідження полягає у побудові моделі, спрямованої на досягнення "нульових" відходів виробництва, яку названо техносолітоном.

Виклад основних результатів. Модель техносолітону вперше було запропоновано в роботі [6] і розглянуто як інноваційну форму організаційної структури, діяльність якої спрямована на зменшення (ліквідування) потоків забруднювальних речовин з атмосферних, лісових, земельних та водних об'єктів, що пов'язана із технологіями перероблення, утилізації виробничих відходів та поверненням на підприємство власної продукції у разі вирішення терміну її служби чи непридатності до користування. Така діяльність поєднує інноваційні технології підприємств різних форм власності та видів економічної діяльності на основі технологій взаємодії побічними продуктами, серед яких: викиди, ски-

¹ доц. М.І. Бублик, д-р екон. наук – НУ "Львівська політехніка";

² студ. Р.І. Зварич – НУ "Львівська політехніка"