

## НАДХОДЖЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ І $^{90}\text{Sr}$ ДО ОРГАНІЗМУ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ ТА ДО ГНОЙОВОЇ БІОМАСИ ЗАЛЕЖНО ВІД РАЦІОНУ ГОДІВЛІ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ

І.В. Перцьовий<sup>1</sup>, В.Ю. Герасименко<sup>1</sup>, І.К. Швиденко<sup>2</sup>,  
О.І. Розпутній<sup>1</sup>, В.П. Бабань<sup>1</sup>, В.В. Скиба<sup>1</sup>, П.І. Веред<sup>1</sup>,  
В.М. Харчишин<sup>1</sup>, А.П. Король<sup>1</sup>, О.М. Титарьова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Білоцерківський національний аграрний університет (м. Біла Церква, Україна)

e-mail: pertsowy@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5042-3771

e-mail: viktor.herasymenko@btsau.edu.ua; ORCID: 0000-0002-5678-9624

e-mail: bezpeku@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2005-990X

e-mail: viktoriya\_baban@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3590-8214

e-mail: vered.petro@ukr.net; ORCID: 0000-0001-6548-4622

e-mail: econanobiotech@ukr.net; ORCID: 0000-0002-3403-3535

e-mail: bezpeku@ukr.net; ORCID: 0000-0002-3605-1147

e-mail: decbtf@ukr.net; ORCID: 0009-0000-2960-6725

e-mail: olenakosyanenko@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4820-809X

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: favor09@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6135-8968

Досліджено та проаналізовано раціон годівлі великої рогатої худоби на перехід  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  до м'язової тканини, кісток, молока та гнойової біомаси. Визначено питому активність радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у добовому раціоні годівлі тварин. Виявлено, що щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  у ТОВ «Надія» коливалась від 104,2 до 396,5 кБк/м<sup>2</sup>, а  $^{90}\text{Sr}$  від 9,4 до 36,2 кБк/м<sup>2</sup>. Поля у ТОВ «Іванівське» мали щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  37,5–283,6 кБк/м<sup>2</sup> і  $^{90}\text{Sr}$  — 7,4–32,1 кБк/м<sup>2</sup>. Щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  у ННДЦ БНАУ коливалась 4,18–8,66 кБк/м<sup>2</sup>, а  $^{90}\text{Sr}$  — 0,44–0,88 кБк/м<sup>2</sup>. Результати оцінки раціону свідчать, що в організм тварин у ТОВ «Надія» в середньому з кормів щодоби надходило  $^{137}\text{Cs}$  375,3±84,2 Бк та  $^{90}\text{Sr}$  345,1±98,2 Бк. Значно менше радіонуклідів із раціону потрапляло до організму тварин у ТОВ «Іванівське», в середньому щодоби  $^{137}\text{Cs}$  — 174,9 Бк та  $^{90}\text{Sr}$  236,0 Бк. Найнижчі показники коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з добового раціону в організм відмічені у ННДЦ БНАУ — 8,56%  $^{137}\text{Cs}$  та 9,69%  $^{90}\text{Sr}$ . Визначено, що загалом у м'язову тканину тварин із раціону надходило: 6,37% —  $^{137}\text{Cs}$  та 0,06% —  $^{90}\text{Sr}$  у ТОВ «Надія»; 2,0% —  $^{137}\text{Cs}$  і 0,02% —  $^{90}\text{Sr}$  у ТОВ «Іванівське», у ННДЦ БНАУ 2,22% —  $^{137}\text{Cs}$ . У кістки: 6,47% —  $^{90}\text{Sr}$  у ТОВ «Надія»; 5,47% —  $^{90}\text{Sr}$  у ТОВ «Іванівське», у ННДЦ БНАУ 0,41% —  $^{90}\text{Sr}$ . Отримані результати підтвердили, що  $^{137}\text{Cs}$  здатен рівномірно накопичуватись у всіх органах тварини, а от  $^{90}\text{Sr}$  вибірково або переважно накопичується в окремих органах. Встановлено, що в умовах тривалого надходження радіонуклідів із раціоном в організм великої рогатої худоби, з гнойовою біомасою виділяється 85–90%.

**Ключові слова:** радіонукліди, м'язова тканина, кістки, яловичина, гнойова біомаса, техногенна катастрофа.

### ВСТУП

Понад 35 років минуло після техногенної катастрофи, яка сталась на Чорнобильській АЕС, але і досі залишається безпрецедентною за масштабами і наслідками впливу на екосистеми навколишнього при-

родного середовища. Внаслідок випадіння радіоактивних речовин було забруднено понад 4,6 млн га земель 12 областей, у т. ч. 3,1 млн га орних земель, близько 400 тис. га природних кормових угідь, понад 3 млн га лісів, із землекористування вилучено 119 тис. га сільськогосподарських угідь [1].

© І.В. Перцьовий, В.Ю. Герасименко, І.К. Швиденко, О.І. Розпутній, В.П. Бабань, В.В. Скиба, П.І. Веред, В.М. Харчишин, А.П. Король, О.М. Титарьова, 2023

За час, що минув, рівень радіаційно-го забруднення значної території нашої держави істотно змінився, передусім це відбулось внаслідок природних реабілітаційних процесів (радіоактивний розпад, фіксація та перерозподіл радіонуклідів у ґрунті) та завдяки проведеному комплексу заходів, спрямованих на підвищення ефективності біогеохімічних бар'єрів у ґрунтах із метою запобігання поширенню радіонуклідів. Як наслідок, відповідно до останніх змін Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» було ліквідовано четверту зону — зону посиленого радіоекологічного контролю [2].

З моменту Чорнобильської катастрофи здійснено доволі велику кількість наукових досліджень із вивчення міграції  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в об'єктах аграрного виробництва, накопичення їх у продовольчій продукції та оцінки доз опромінення людини. Основну увагу науковців зосереджено на зоні Полісся, де щільність забруднення та рівень міграції біологічно активних довгоживучих радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  на порядок вищий, ніж у зоні Лісостепу [3; 4].

Вивчення та дослідження радіоекологічної ситуації Центрального Лісостепу залишається на часі досить актуальним, оскільки радіоактивний слід унаслідок вибуху на ЧАЕС зумовив забруднення радіонуклідами Київської та Черкаської обл. Зважаючи на це, населені пункти цих районів потрапили до зони гарантованого добровільного відселення (3-тя зона радіоактивного забруднення), де щільність забруднення ґрунту може становити по  $^{137}\text{Cs}$  від 5,0 до 15,0 Кі/кв. км, або по  $^{90}\text{Sr}$  від 0,15 до 3,0 Кі/кв. км [5]. Однак, незважаючи на загальну тенденцію стабілізації радіаційного стану, слід зазначити, що рівні радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції в окремих районах у десятки разів перевищують дозаварійний рівень і в деяких випадках, особливо у селянських господарствах, залишаються значно вищими порівняно з існуючими нормативами.

Тому ведення сільськогосподарської діяльності, а особливо отримання сільськогосподарської продукції на радіоактивно забрудненій території потребує прискіпливого контролю та уваги. Оскільки саме тут трапляються непоодинокі випадки, коли вміст  $^{90}\text{Sr}$  в сільськогосподарській продукції перевищує ДР-2006. І саме тому особливо увагу потрібно приділяти виробництву так званих критичних сільськогосподарських продуктів, тобто тих, споживання яких формує основну частину дози внутрішнього опромінення (насамперед, це стосується молока та м'яса) [6].

**Метою роботи** було здійснити оцінку впливу типу годівлі великої рогатої худоби на перехід  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  до м'язової тканини, кісток, молока та побічної продукції в тваринництві — гнойової біомаси.

Для виконання цієї мети були поставлені такі завдання: визначити питому активність  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у добовому раціоні, молоці, м'язовій тканині та кістках, гнойовій біомасі великої рогатої худоби, а також встановити відсоток переходу цих радіонуклідів із добового раціону у всі вищезазначені ланки міграції полютантів.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Важливу роль у зменшенні переходу радіонуклідів із кормів у продукцію тваринництва відіграє раціон. Його зміною можна в 2–5 разів знизити вміст  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у молоці, м'ясі, субпродуктах. Немає потреби наголошувати, що в основі складання раціонів повинен бути постійний контроль за станом забруднення кормів радіоактивними речовинами. Крім того, слід враховувати здатність різних видів рослин нагромаджувати окремі радіонукліди. Велику увагу також потрібно приділяти значенням коефіцієнтів переходу ( $K_p$ ) радіонуклідів у різні продукти [6].

Варто зазначити, що швидкість та інтенсивність міграції  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в трофічних ланцюгах «ґрунт–рослина–тварина» може залежати від багатьох чинників, одним із визначальних є ґрунтово-кліматичні умови, фізико-хімічні форми та кількість

радіоактивних випадінь. Відомо, що на відміну від  $^{137}\text{Cs}$  (на 95% знаходиться в фіксованому стані),  $^{90}\text{Sr}$  з часом може вилгуговуватися з так званих паливних частинок і переходити в обмінні форми. Тому його доступність для живих організмів на початковому післяварійному етапі була незначною, а з часом унаслідок розчинення частинок кислих ґрунтів  $^{90}\text{Sr}$  перейшов у доступну форму. Щодо слабокислих ґрунтів, очікується зростання розчинності цього радіонукліда [7]. Отже, можна стверджувати, що чорноземи Центрального Лісостепу здатні сорбувати в більшій кількості радіонуклідів, аніж суглинисті і супіщані ґрунти, що пояснюється присутністю у чорноземах значної кількості високодисперсних частинок.

Велика рогата худоба — важлива складова елемента агроєкосистем, становить одну з ключових ланок у трофічному ланцюзі, через яку здійснюється біогенна міграція  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  до продукції тваринництва, а згодом до організму людини. Тому вагому роль у зменшенні переходу радіонуклідів із корму у продукцію тваринництва відіграє тип годівлі та раціон. У своїй роботі І.М. Гудков та М.М. Вінничук [8], доводять, що при підборі раціону годівлі великої рогатої худоби, потрібно враховувати здатність різних видів рослин нагромаджувати радіонукліди. Так, коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у молоці і м'ясі корів, у раціоні яких переважають зелені трави, в 1,5–2 рази більше, ніж у тварин, основу раціону яких становлять зерно та грубі корми. Сінний тип годівлі великої рогатої худоби більшою мірою зумовлює надходження  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у м'ясо й молоко порівняно зі змішаним, до складу якого входять зерно, грубі корми та сіно, або із силосно-концентратним.

Таким чином, використовуючи видовий і сортовий підбір сільськогосподарських культур та знаючи їхні коефіцієнти переходу, можна здійснити прогностичний аналіз міграції радіонуклідів по трофічних ланцюгах, а також визначити допустиму щільність забрудненості агроландшафтів, придатних для їх вирощування [9].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання поставлених завдань визначили вміст  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у ґрунті сільськогосподарських угідь, добовому раціоні, молоці, м'язовій, кістковій тканинах та гнойовій біомасі великої рогатої худоби. Дослідження були виконані у господарствах ТОВ «Іванівське» і ТОВ «Надія» Білоцерківського р-ну Київської обл., сільськогосподарські угіддя яких потрапили в зону радіаційного забруднення, та на дослідних ділянках ННДЦ БНАУ. Експериментальні дослідження включали польові та лабораторні методи дослідження. Польовий метод полягав у відборі зразків у дослідних господарствах, а лабораторний — підготовці та дослідженні зразків на вміст радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ .

Відібраний матеріал для вимірювання готували так: зразки ґрунту попередньо висушували на повітрі, розтирали в ступці, просіювали. Форми радіонуклідів (водорозчинну, обмінну, кислоторозчинну та фіксовану) — визначали послідовно, обробляючи наважку ґрунту дистильованою водою, 1 моль/л  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  та 1 моль/л  $\text{HCl}$ . Вміст радіонуклідів, що залишилися в твердому залишку наважки ґрунту, відносили до фіксованої форми. Для радіохімічного виділення  $^{90}\text{Sr}$ , наважку ґрунту прожарювали у муфельній печі за температури  $500^\circ\text{C}$  [12–15].

Питому активність радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у кормах визначали: у зерні на повітряно-суху масу, у вегетативній масі зернових культур, коренеплодів, гички буряків цукрових, молоці, м'язовій і кістковій тканинах, гнойовій масі на натуральну вологість [14]. У молоці, попередньо його підкисливши оцтовою кислотою, випарювали у фарфорових чашках на електричній плитці до утворення сухого залишку, а процес висушування закінчували в сушильній шафі за  $100^\circ\text{C}$  до отримання постійної маси сухого залишку [15].

Активність відібраних та підготовлених проб на  $^{137}\text{Cs}$  визначали методом сцинтиляційної гамма-спектрометрії, а на  $^{90}\text{Sr}$  — бета-спектрометрії на УСК «Гамма Плюс U»

з програмним забезпеченням «Прогрес 2000» на кафедрі безпеки життєдіяльності БНАУ. Похибка вимірювань залежно від активності зразків становила  $\pm 10\text{--}30\%$  [10–14]. Оцінку отриманих результатів експериментальних досліджень проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica 6. Різниця значень рахувалась достовірною при  $P \leq 0,05$ .

Всі тварини знаходились у стійловій системі утримання та в однакових умовах годівлі. Раціони годівлі тварин у господарствах сформовано за поживними речовинами відповідно до загальновищезазначених норм годівлі один-два рази на місяць з урахуванням живої маси, середньодобового приросту, надою молока, фізіологічного стану тварин.

Концентрацію радіонуклідів у раціоні розраховували за такою формулою [18]:

$$P_{\text{раціону}} = A \cdot P(A) + B \cdot P(B) + \dots,$$

де  $P$  – концентрація радіонукліда в раціоні;  $A$  – кількість корму в раціоні, кг;  $P(A)$  – концентрація радіонукліда у кормі А, Бк/кг;  $B$  – кількість корму Б в раціоні, кг;  $P(B)$  – концентрація радіонукліда у кормі Б, Бк/кг.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Встановлено, що щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  у ТОВ «Надія» коливалась від 104,2 до 396,5 кБк/м<sup>2</sup>, а  $^{90}\text{Sr}$  від 9,4 до 36,2 кБк/м<sup>2</sup>. Поля у ТОВ «Іванівське» мали щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  37,5–283,6 кБк/м<sup>2</sup> і  $^{90}\text{Sr}$  7,4–32,1 кБк/м<sup>2</sup>. Щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  у ННДЦ БНАУ коливалась 4,18–8,66 кБк/м<sup>2</sup>, а  $^{90}\text{Sr}$  – 0,44–0,88 кБк/м<sup>2</sup> [16; 17]. Оскільки сільськогосподарські культури, які входять до раціону годівлі тварин вирощували саме на цих угіддях, нашим наступним завданням було дослідити вміст радіонуклідів у добовому раціоні.

Годівля тварин у кожному господарстві здійснювалась відповідно до традиційного раціону харчування. Раціон у ТОВ «Надія» складався з таких кормів: зелені (зелена

маса кукурудзи, люцерни, вико-вівсяної суміші, гичка буряків цукрових) – 40%, сіно/солома (солома пшениці, ячменю) – 20, силосу (кукурудзяного) – 10 та концентрованих кормів (дєрть пшенична, ячмінна, горохова та їх суміш) – 30%.

Раціон ТОВ «Іванівське» мав такий склад кормів: зелені (зелена маса люцерни, кукурудзи, гичка буряків цукрових) – 30%, сіно/солома (солома пшениці, ячменю, гороху) – 25, силосу (кукурудзяного) – 20 та концентрованих (дєрть горохова, пшенично-ячмінна, ячмінно-горохова) – 25%.

Раціон годівлі тварин у ННДЦ БНАУ відрізнявся більшою кількістю зелених кормів і мав таке відсоткове співвідношення: зелені корми (зелена маса кукурудзи, сіяних трав (люцерна, тимофіївка), вико-вівсяної суміші, проса, стебла кукурудзи, гичка буряків цукрових) – 50%, сіно/солома (сіно сіяних трав, солома пшениці, гороху, суміш пшенично-ячмінної соломи) – 20, силос (кукурудзяний) – 15, концентровані (дєрть пшенично-ячмінна, горохова з вівсом) – 15%. Раціони відповідали зоотехнічним нормам та були збалансовані за поживними речовинами.

Отримані результати проведених досліджень у господарствах, які розташовані на радіоактивно забруднених землях Центрального Лісостепу свідчать про те, що вміст радіонуклідів у добовому раціоні тварин залежить від щільності радіоактивного забруднення ґрунту та виду сільськогосподарських культур, які входять до раціону. Тому, радіологічний контроль кормів це основний шлях зменшення рівня надходження радіонуклідів в організм тварини. Потрібно зауважити, що впродовж дослідного періоду надходження  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в організм тварин із кормом було нерівномірним і відрізнялось у 2–4 рази.

Результати досліджень свідчать, що найвища питома активність  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  була відмічена у добовому раціоні ТОВ «Надія», де щільність забруднення угідь відповідно також була найвища. Вміст радіонуклідів у добовому раціоні ТОВ «Іванівське» вдвічі менший, ніж у ТОВ «Надія». Доволі низьку питому активність  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  було

визначено в добовому раціоні тварин, які перебували на утриманні в ННДЦ БНАУ (табл. 1).

У середньому у добовий надій молока з раціону надходило порівняно з іншими господарствами найбільше у ТОВ «Надія», коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  становив  $7,36 \pm 0,37\%$ , а  $^{90}\text{Sr}$   $1,65 \pm 0,11\%$ . У ННДЦ БНАУ коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  до молока становив  $6,78 \pm 0,56\%$ , а  $^{90}\text{Sr}$   $1,25 \pm 0,17\%$ . Найменший перехід радіонуклідів із раціону до молока відмічених у ТОВ «Іванівське», коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  сягав  $5,72 \pm 0,55\%$ , а  $^{90}\text{Sr}$  —  $1,18 \pm 0,42\%$ . Тобто, дослідження доводять, що на надходження радіонуклідів у молоко, прямо пропорційно впливає вміст радіонуклідів у добовому раціоні тварин, оскільки найвищу середню концентрацію радіонуклідів виявлено у раціоні ТОВ «Надія», а саме у зелених кормах ( $^{137}\text{Cs}$  —  $11,3$  і  $^{90}\text{Sr}$  —  $15,33$  Бк/кг), які становлять 50% раціону. У грубих кормах — соломі ( $^{137}\text{Cs}$  —  $7,76$  і  $^{90}\text{Sr}$  —  $14,1$  Бк/кг) — 20% раціону та концентрованих кормах ( $^{137}\text{Cs}$  —  $8,37$  і  $^{90}\text{Sr}$  —  $6,08$  Бк/кг) — 30% раціону.

Слід зауважити, що молоко є одним із вагомих складових харчового раціону

мешканців Білоцерківського р-ну, тому особливу увагу потрібно приділяти раціону годівлі корів із метою зменшення накопичення радіонуклідів у тваринницькій продукції [19; 20]. Результати оцінки раціону свідчать, що в організм тварин у ТОВ «Надія» в середньому з кормів щодоби надходило  $^{137}\text{Cs}$   $375,3 \pm 84,2$  Бк та  $^{90}\text{Sr}$   $345,1 \pm 98,2$  Бк. Значно менше радіонуклідів із раціону потрапляло до організму тварин у ТОВ «Іванівське», в середньому щодоби  $^{137}\text{Cs}$  —  $174,9$  Бк та  $^{90}\text{Sr}$   $236,0$  Бк. Найнижчі показники коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з добового раціону в організм відмічені у ННДЦ БНАУ —  $8,56\%$   $^{137}\text{Cs}$  та  $9,69\%$   $^{90}\text{Sr}$ .

Наступним завданням наших досліджень було оцінити перехід  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  до м'язової та кісткової частини тварин, які призначались для потреб громадського харчування. Раціон годівлі цих тварин у господарствах складався з таких кормів: у ТОВ «Надія» — зелені (зелена маса люцерни, конюшини, вико-вівсяної суміші, кукурудзи, гички буряків цукрових) — 40%, сіно/солома (солома пшениці, ячменю) — 20, силос (кукурудзяний) — 15, концентровані корми (дєрть пшенична, ячмінна

Таблиця 1. Активність радіонуклідів у добовому раціоні та коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  до молока корів\*,  $M \pm m$ ,  $n = 36$

Показники		Активність радіонуклідів		Коефіцієнт переходу	
		у добовому раціоні, Бк	у молоці, Бк/л**	в 1 л молока, %	добовий надій, %
ТОВ «Надія»	$^{137}\text{Cs}$	$\frac{545,1 \pm 194,2}{200,8-930,5}$	$\frac{4,07 \pm 1,33}{1,69-6,63}$	$\frac{0,75 \pm 0,04}{0,67-0,84}$	$\frac{7,36 \pm 0,37}{6,63-7,98}$
	$^{90}\text{Sr}$	$\frac{805,1 \pm 215,4}{400,8-1186,5}$	$\frac{1,36 \pm 0,39}{0,72-2,02}$	$\frac{0,17 \pm 0,01}{0,16-0,19}$	$\frac{1,65 \pm 0,11}{1,47-1,90}$
ТОВ «Іванівське»	$^{137}\text{Cs}$	$\frac{298,1 \pm 70,4}{161,8-442,5}$	$\frac{1,76 \pm 0,48}{0,96-2,39}$	$\frac{0,60 \pm 0,08}{0,43-0,72}$	$\frac{5,72 \pm 0,55}{4,30-6,44}$
	$^{90}\text{Sr}$	$\frac{396,4 \pm 53,9}{350,4-576,6}$	$\frac{0,49 \pm 0,07}{0,41-0,65}$	$\frac{0,12 \pm 0,01}{0,11-0,14}$	$\frac{1,18 \pm 0,42}{1,03-1,40}$
ННДЦ БНАУ	$^{137}\text{Cs}$	$\frac{16,7 \pm 3,3}{13,8-25,1}$	$\frac{0,13 \pm 0,03}{0,11-0,20}$	$\frac{0,79 \pm 0,04}{0,72-0,85}$	$\frac{6,78 \pm 0,56}{6,0-7,71}$
	$^{90}\text{Sr}$	$\frac{16,9 \pm 2,9}{13,4-22,7}$	$\frac{0,02 \pm 0,003}{0,02-0,03}$	$\frac{0,14 \pm 0,01}{0,13-0,16}$	$\frac{1,25 \pm 0,17}{1,03-1,40}$

Примітка: \* — у чисельнику подано середнє значення за 12 міс., а у — знаменнику мінімальне та максимальне; \*\* — допустимі рівні активності у молоці:  $^{137}\text{Cs}$  — 100, а  $^{90}\text{Sr}$  — 20 Бк/л.

та їх суміш) – 25%; у ТОВ «Іванівське» – зелені – 40%, сіно/солома – 25, силос – 10, концентровані корми – 25%; у ННДЦ БНАУ – зелені – 45%, сіно/солома – 15, силос – 10, концентровані корми – 25%.

Активність  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у середньодобовому раціоні ТОВ «Надія» та «Іванівське» була в 44 та 20 разів вища, ніж у ННДЦ БНАУ, оскільки у раціоні цих господарств переважали зелена маса люцерни та кукурудзяний силос, які своєю чергою, здатні більше накопичувати радіонукліди, ніж злакові культури.

Варто зауважити, що з різною інтенсивністю та залежно від раціону певного сезону годівлі організм тварини здатен у більшій або меншій кількості поглинати радіонукліди з корму. Тобто, при годівлі соковитими кормами у весняно-літній період концентрація радіонуклідів в організмі тварин була більшою, а в осінньо-зимовий меншою.

У м'язовій тканині тварин на утриманні у ТОВ «Надія» і ТОВ «Іванівське» питома активність  $^{137}\text{Cs}$  була у 19 та 17 разів вища, ніж у м'язовій тканині тварин на утриманні ННДЦ БНАУ. Питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у кістках тварин на утриманні у ТОВ «Надія» та ТОВ «Іванівське» була у 20 разів вища, ніж у ННДЦ БНАУ. Отримана у досліджуваних господарствах яловичина відповідає критеріям радіаційної безпеки за вмістом  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  (табл. 2).

Загалом у м'язову тканину тварин із раціону надходило: 6,37% –  $^{137}\text{Cs}$  та 0,06% –  $^{90}\text{Sr}$  у ТОВ «Надія»; 2,0% –  $^{137}\text{Cs}$  та 0,02% –  $^{90}\text{Sr}$  у ТОВ «Іванівське», у ННДЦ БНАУ 2,22% –  $^{137}\text{Cs}$ . У кістки: 6,47% –  $^{90}\text{Sr}$  у ТОВ «Надія»; 5,47% –  $^{90}\text{Sr}$  у ТОВ «Іванівське», у ННДЦ БНАУ 0,41% –  $^{90}\text{Sr}$ . Отримані результати підтверджують те, що  $^{137}\text{Cs}$  – радіонуклід першої групи, який відносно рівномірно здатен накопичуватись у всіх органах тварини. Щодо  $^{90}\text{Sr}$  – остеотропний радіонуклід і відноситься до другої групи, що вибірково або переважно здатен накопичуватись в окремих органах.

Продукти життєдіяльності великої рогатої худоби, тобто гнойова біомаса є цінним органічним добривом для відновлення родючості ґрунтів. Тому, нашим завданням було дослідити, який відсоток радіонуклідів із раціону виводиться з організму та потрапляє до гнойової біомаси. Дані щодо вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у добовому раціоні та накопичення цих радіонуклідів у гнойовій біомасі наведені у табл. 3.

З отриманих даних видно, що до гнойової біомаси з добового раціону надходить у середньому 85–90% як  $^{137}\text{Cs}$ , так  $^{90}\text{Sr}$ . Так, у ТОВ «Надія» питома активність зразків гнойової біомаси була найбільшою і становила  $^{137}\text{Cs}$  14,3±2,74 Бк/кг, а  $^{90}\text{Sr}$  26,2±2,5 Бк/кг. Найменша питома активність відібраних зразків відмічена в ННДЦ БНАУ, відповідно  $^{137}\text{Cs}$  0,42±0,10 Бк/кг,

Таблиця 2. Перехід  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з добового раціону у м'язову тканину та кістки тварин,  $\text{M}\pm\text{m}$ ,  $\text{n} = 36$

Показники	Активність радіонуклідів			КП		
	у добовому раціоні, Бк	м'язової тканини, Бк/кг	у кістках, Бк/кг	в 1 кг м'язову тканину, %	в 1 кг кісток, %	
ТОВ «Надія»	$^{137}\text{Cs}$	375,3±84,2	11,13±2,94	<0,50	6,37±0,21	–
	$^{90}\text{Sr}$	345,1±98,2	0,14±0,04	11,66±2,45	0,06±0,005	6,47±0,81
ТОВ «Іванівське»	$^{137}\text{Cs}$	174,9±24,4	9,56±2,70	< 0,33	2,0±0,56	–
	$^{90}\text{Sr}$	224,7±13,3	0,13±0,03	12,36±2,13	0,02±0,04	5,47±0,77
ННДЦ БНАУ	$^{137}\text{Cs}$	8,56±1,32	0,57±0,07	–	2,22±0,32	–
	$^{90}\text{Sr}$	9,69±2,37	<0,01	0,61±0,18	–	0,41±0,10

Примітка: У м'ясі активність не повинна перевищувати:  $^{137}\text{Cs}$  – 200 Бк/кг і  $^{90}\text{Sr}$  – 20 Бк/кг, а у кістках –  $^{90}\text{Sr}$  – 200 Бк/кг.

Таблиця 3. Міграція  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  з добового раціону тварин до гнойової біомаси,  $\text{M} \pm \text{m}$ ,  $\text{n} = 36$

Показники		Активність радіонуклідів		КП у гнойову біомасу, %
		у добовому раціоні, Бк	у гнойовій масі, Бк/кг	
ТОВ «Надія»	$^{137}\text{Cs}$	$\frac{585,3 \pm 174,2}{228,8 - 980,8}$	$\frac{14,3 \pm 2,74}{6,8 - 28,0}$	$\frac{84,7 \pm 2,7}{78,1 - 89,3}$
	$^{90}\text{Sr}$	$\frac{862,1 \pm 195,1}{460,7 - 1286,1}$	$\frac{26,2 \pm 2,5}{13,1 - 38,1}$	$\frac{85,4 \pm 2,0}{81,9 - 89,7}$
ТОВ «Іванівське»	$^{137}\text{Cs}$	$\frac{307,2 \pm 70,2}{169,0 - 451,2}$	$\frac{7,4 \pm 1,7}{3,9 - 10,4}$	$\frac{87,5 \pm 3,7}{81,5 - 91,3}$
	$^{90}\text{Sr}$	$\frac{436,5 \pm 58,7}{366,1 - 586,8}$	$\frac{10,4 \pm 1,6}{8,6 - 11,4}$	$\frac{87,9 \pm 4,5}{81,1 - 92,2}$
ННДЦ БНАУ	$^{137}\text{Cs}$	$\frac{17,15 \pm 3,42}{13,87 - 25,09}$	$\frac{0,42 \pm 0,10}{0,33 - 0,63}$	$\frac{88,8 \pm 1,2}{86,1 - 91,1}$
	$^{90}\text{Sr}$	$\frac{17,17 \pm 2,92}{13,49 - 22,75}$	$\frac{0,44 \pm 0,08}{0,31 - 0,59}$	$\frac{89,3 \pm 1,4}{87,2 - 91,2}$

*Примітка:* У чисельнику подано середнє значення за 12 міс., а у — знаменнику мінімальне та максимальне.

а по  $^{90}\text{Sr}$   $0,44 \pm 0,08$  Бк/кг. Отримані результати мають важливе значення для господарств, які займаються тваринництвом і розташовані на радіоактивно забрудненій території Центрального Лісостепу, бо гнойова біомаса залежно від раціону типу годівлі тварин може накопичувати великий відсоток радіонуклідів і бути джерелом вторинного забруднення сільськогосподарських угідь цих підприємств.

### ВИСНОВКИ

Результати досліджень дають можливість стверджувати, що на забруднених радіонуклідами територіях, із метою отримання чистого молока та тваринної продукції, яка б відповідала нормативним вимогам ДР-2006, основна увага повинна приділятися радіаційному контролю сільськогосподарських культур, які входять до раціону годівлі тварин. На надходження радіонуклідів у молоко прямо пропорційно впливає вміст радіонуклідів у добовому раціоні тварин. Оскільки найвищу середню концентрацію радіонуклідів виявлено у зелених кормах, які становлять 50% раціону.

Результати оцінки раціону свідчать, що в організм тварин на відгодівлі у ТОВ «Надія» в середньому з раціону щодоби

надходило  $375,3$  Бк  $^{137}\text{Cs}$  та  $345,1$  Бк  $^{90}\text{Sr}$ . Значно менше радіонуклідів з раціону потрапляло до організму тварин на відгодівлі у ТОВ «Іванівське», в середньому щодоби  $^{137}\text{Cs}$  —  $172,0$  Бк та  $^{90}\text{Sr}$   $236,0$  Бк. Найнижчі показники коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з добового раціону в організм відмічено у ННДЦ БНАУ —  $8,56\%$   $^{137}\text{Cs}$  та  $9,69\%$   $^{90}\text{Sr}$ . Встановлено, що  $1$  кг м'язової тканини здатен накопичувати  $^{137}\text{Cs}$  —  $5,45 - 6,69\%$  та  $^{90}\text{Sr}$  —  $0,058\%$  від усього добового надходження з кормом. До того ж, з молоком за добу виділяється  $^{137}\text{Cs}$  —  $5,72\%$  та  $^{90}\text{Sr}$  —  $1,18\%$ . В умовах тривалого та постійного надходження радіонуклідів із раціону в організм тварин дослідних господарств із гнойовою біомасою виділяється  $85 - 90\%$ .

Отже, господарства, які розташовані на радіоактивно забрудненій території Центрального Лісостепу і які займаються тваринництвом, досі можуть отримувати продукцію зі вмістом радіонуклідів. Тому, рекомендовано перед посівом сільськогосподарських культур, які входять до основного раціону годівлі тварин, попередньо прогнозувати їх забрудненість, використовуючи карту щільності забруднення полів та коефіцієнти переходу радіонуклідів з ґрунту в кормові культури.

## ЛІТЕРАТУРА

- Ландін В.П., Чоботюк Г.М., Тараріко М.Ю. та ін. Еколого-економічні засади реабілітації радіоактивно забруднених земель Полісся: моногр. Київ: Аграрна наука, 2018. 208 с.
- Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України від 27.02.1991. № 791а-ХІІ. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12>.
- Романчук Л.Д. Особливості накопичення  $^{90}\text{Sr}$  у ґрунтах Українського Полісся у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС. *Вісник Полтавської державної академії*. 2012. № 3. С. 72–74.
- Чоботюк Г.М., Кучма М.Д., Райчук Л.А. та ін. Реабілітація радіоактивно забруднених земель Українського Полісся. *Еколого орієнтовані підходи відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем*: колек. моногр. / за ред. Т.О. Чайки. Полтава: Вид-во ПП «Астрая», 2022. С. 361–379.
- Розпутній О.І., Перцьовий І.В., Герасименко В.Ю. Оцінка міграції  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  трофічним ланцюгом «ґрунт—рослина—дійні корови» на радіоактивно забруднених територіях центрального лісостепу. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта—наука—виробництво*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (31 жовтня 2019 р.). Біла Церква: БНАУ, 2019. С. 27–30. URL: <https://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/4601>.
- Гудков І.М. Протирадіаційний захист агроценозів як основний шлях забезпечення радіаційної безпеки населення на забруднених радіонуклідами територіях. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили. Сер.: Техногенна безпека*. 2009. Т. 116. Вип. 103. С. 18–22. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdub\\_2009\\_116\\_103\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdub_2009_116_103_6).
- Біденко В.М., Славов В.П. Вплив комплексонатів мікроелементів на питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у молоці корів. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 1. С. 21–26. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2016\\_1\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2016_1_5).
- Гудков І.М., Віннічук М.М. Сільськогосподарська радіобіологія: посіб. Житомир. 2003. 461 с.
- Рахметов Д.Б., Фещенко В.П., Гуреля В.В. Інтродукція кормових рослин на радіоактивно забруднених територіях. *Агроекологічний журнал*. 2011. Вересень: Спецвип. С. 83–87.
- ISO 19581:2017. Вимірювання радіоактивності — Гамма-випромінюючі радіонукліди — Метод швидкого скринінгу з використанням сцинтиляційного детектора гамма-спектрометрії. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/65307.html>.
- Меженський А.О., Салата В.З., Чорний С.В. та ін. Методичні рекомендації щодо підготовки проб для визначення питомої активності радіонукліду  $^{90}\text{Sr}$  в необроблених харчових продуктах тваринного та рослинного походження, кормах за допомогою сцинтиляційних бета-спектрометрів з програмним забезпеченням «Прогресс». Київ: ДНДІ ЛДВСЕ, 2010. 15 с.
- Меженський А.О., Салата В.З., Прокопенко Т.О. та ін. Методичні рекомендації щодо підготовки проб для визначення питомої активності радіонукліду  $^{137}\text{Cs}$  в сировині, продукції тваринного та рослинного походження за допомогою гамма-спектрометрів і радіометрів. Київ: ДНДІ ЛДВСЕ, 2010. 9 с.
- Меженський А.О., Вінокурова Т.В., Гусак Л.М. та ін. Методика вимірювання активності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в харчових продуктах, кормах, сировині тваринного та рослинного походження на універсальному спектрометричному комплексі «Гамма Плюс». Київ: ДНДІЛДВСЕ, 2014. 82 с.
- Прокопенко Т.О., Салата В.З. Методичні рекомендації щодо підготовки лічильних зразків для визначення вмісту радіонуклідів методом фізичного концентрування. Київ: ДНДІЛДВСЕ, 2012. 11 с.
- Гудков І.М., Гайченко В.А., Кашпаров В.О. Сільськогосподарська радіоекологія: підруч. / за ред. І.М. Гудкова. Київ: Вид-во: Ліра-К, 2017. 268 с.
- Герасименко В.Ю., Розпутній О.І. Стан орних угідь забруднених територій Білоцерківського району Київської області за активністю  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ . *Аграрні вісті*. 2009. № 1. С. 16–18. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/1233>.
- Розпутній О.І., Перцьовий І.В., Герасименко В.Ю., Савеко М.Є. Оцінка міграції  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  на радіоактивно забруднених агроландшафтах Лісостепу у віддалений період після Чорнобильської катастрофи. *Чорнобильська катастрофа. Актуальні проблеми, напрямки та шляхи їх вирішення*. Житомир: ЖНАЕУ, 2018. С. 293–299.
- Зубець М.В., Богданов Г.О., Шкурин Г.Т. та ін. Рекомендації зі створення і ведення галузі м'ясного скотарства в забруднених радіонуклідами районах України: наук.-метод. вид. Київ, 1998. 58 с.
- Gerasimenko V., Rozputny O., Pertsovyi I. et al. Migration and prognosis of radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in vegetable produce: the case of villages of the Central Forest-Steppe of Ukraine in the remote period after Chernobyl Disaster. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. № 7 (3). С. 246–250. DOI: [http://dx.doi.org/10.15421/2017\\_75](http://dx.doi.org/10.15421/2017_75).
- Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи у віддалений період: рекомендації / за ред. Б.С. Прістера. Київ: Атіка, 2007. 196 с.



## REFERENCES

- Landin, V.P., Chobotko, H.M., Tarariko, M.Yu. et al. (2018). *Ekolooho-ekonomichni zasady reabilitatsii radioaktyvno zabrudnennykh zemel Polissia: monohrafiia [Ecological and Economic Foundations of Radioactively Contaminated Land Rehabilitation in Polissia: monograph]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
- Pro pravovyy rezhym terytoriyi, shcho zaznala radioaktyvnoho zabrudnennya vnaslidok Chornobyl's'koyi katastrofy: Zakon Ukrainy vid 27 lyutoho 1991, № 791a-XII [On the legal regime of the territory exposed to radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster: Law of Ukraine dated February 27, 1991, No. 791a-XII]. (1991). URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12> [in Ukrainian].
- Romanchuk, L.D. Osoblyvosti nakopychennia  $^{90}\text{Sr}$  u gruntakh Ukrainського Polissia u viddalenyi period pislia avarii na Chornobylskii AES [Accumulation Peculiarities of  $^{90}\text{Sr}$  in the Soils of Ukrainian Polissia in the Remote Period after the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii — Bulletin of Poltava State Academy*, 3, 72–74 [in Ukrainian].
- Chobotko, H.M., Kuchma, M.D., Raichuk, L.A. et al. & Chayka, T.O. (Ed.). (2022). Reabilitatsiia radioaktyvno zabrudnennykh zemel Ukrainського Polissia [Rehabilitation of Radioactively Contaminated Lands in Ukrainian Polissia]. *Ekoloohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnoheno zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalnykh ekosystem: monohrafiia [Ecologically-Oriented Approaches to the Restoration of Technogenically Polluted Territories and Creation of Sustainable Ecosystems: monograph]*. (pp. 361–349). Poltava [in Ukrainian].
- Rozputnii, O.I., Pertsovyi, I.V. & Herasyenko, V.Yu. (2019). Otsinka mihratsii  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  trofichnym lantsiuhom «grunt—roslyna—diini korovy» na radioaktyvno zabrudnennykh terytoriiakh tsentralnoho lisostepu [Assessment of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  Migration through the Trophic Chain 'Soil-Plant-Dairy Cow' in Radioactively Contaminated Areas of the Central Forest-Steppe]. *Ahrarna osvita ta nauka: dosyahnennya, rol', faktory rostu. Ekolojiya, okhorona navkolyshn'oho seredovyscha ta zbalansovane pryrodokorystuvannya: osvita—nauka—vyrobnytstvo: materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi [Agrarian education and science: achievements, role, growth factors. Ecology, environmental protection and balanced nature use: education—science—production: materials of the international scientific and practical conference]*. (pp. 27–30). URL: <https://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/4601> [in Ukrainian].
- Hudkov, I.M. (2009). Protyradiatsiyni zakhyt ahtrosenzov yak osnovnyi shliakh zabezpechennia radiatsiinoi bezpeky naselennia na zabrudnennykh radionuklidamy terytoriiakh [Radiation Protection of Agroecosystems as the Primary Path to Ensuring Radiation Safety of the Population in Areas Contaminated with Radionuclides]. *Naukovi pratsi Chornomors'koho derzhavnogo universytetu imeni Petra Mohyla. Seriya: Tekhnohenna bezpeka — Scientific works of the Black Sea State University named after Petro Mohyla. Series: Man-made safety*, 116, 103, 18–22. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdub\\_2009\\_116\\_103\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdub_2009_116_103_6) [in Ukrainian].
- Bidenko, V.M. & Slavov, V.P. (2016). Vplyv kompleksativ mikroelementiv na pytomu aktyvnist  $^{137}\text{Cs}$  u molotsi koriv [The Influence of Chelating Agents of Microelements on the Specific Activity of  $^{137}\text{Cs}$  in Cow's Milk]. *Ahroekolohichni zhurnal — Agroecological journal*, 3, 21–26. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agro\\_2016\\_1\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agro_2016_1_5) [in Ukrainian].
- Hudkov, I.M. & Vinnichuk, M.M. (2003). *Silskohospodarska radiobiolihiia [Agricultural Radiobiology]*. Zhytomyr [in Ukrainian].
- Rakhmetov, D.B., Feshchenko, V.P. & Hurelia, V.V. (2011). Introduktsiia kormovykh roslyn na radioaktyvno zabrudnennykh terytoriiakh [Introduction of Forage Crops on Radioactively Contaminated Territories]. *Ahroekolohichni zhurnal — Agroecological journal: Special edition*, 83–87 [in Ukrainian].
- Vymiryuvannya radioaktyvnosti — Hamma-vyprominyuyuchi radionuklydy — Metod shvydkoho skryninhu z vykorystanniam stsyntylatsiynoho detektora hamma-spektrometriyi [Measurement of Radioactivity — Gamma-Emitting Radionuclides — Rapid Screening Method using Scintillation Detector Gamma Spectrometry]. (2017). ISO 19581:2017. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/65307.html> [in Ukrainian].
- Mezhenskyi, A.O., Salata, V.Z., Chornyi, S.V. et al. (2010). *Metodychni rekomendatsii shchodo pidhotovky prob dlia vyznachennia pytomoi aktyvnosti radionuklidu  $^{90}\text{Sr}$  v neobroblyenykh kharchovykh produktakh tvarynnoho ta roslynnoho pokhodzhennia, kormakh za dopomohoiu stsyntylatsiynykh beta-spektrometriv z prohramnym zabezpechenniam «Prohress» [Guidelines for Sample Preparation for Determining the Specific Activity of  $^{90}\text{Sr}$  Radionuclide in Unprocessed Food Products of Animal and Plant Origin, Feed, Using Scintillation Beta Spectrometers with 'Progress' Software]*. Kyiv [in Ukrainian].
- Mezhenskyi, A.O., Salata, V.Z., Prokopenko, T.O. et al. (2010). *Metodychni rekomendatsii shchodo pidhotovky prob dlia vyznachennia pytomoi aktyvnosti radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$  v syrovyni, produktii tvarynnoho ta roslynnoho pokhodzhennia za dopomohoiu hamma-spektrometriv i radiometriv [Guidelines for Sample Preparation for Determining the Specific Activity of  $^{137}\text{Cs}$  Radionuclide in Raw Materials, Animal and Plant Products Using Gamma Spectrometers and Radiometers]*. Kyiv [in Ukrainian].
- Mezhenskyi, A.O., Vinokurova, T.V., Husak, L.M. et al. (2014). *Metodyka vymiryuvannya aktyvnosti radionuklidiv  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  v kharchovykh produktakh, kormakh, syrovyni tvarynnoho ta roslynnoho pokhodzhennia na universalnomu spektrometrychnomu kompleksi «Hamma Plus» [Methodology for Measuring the Activity of Radionuclides  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  in Food Products, Feeds, and Raw Materials of Animal and Plant Origin using*

- the Universal Spectrometric Complex 'Gamma Plus']*. Kyiv [in Ukrainian].
14. Prokopenko, T.O. & Salata, V.Z. (2012). *Metodychni rekomendatsii shchodo pidhotovky lichylnykh zrazkiv dlia vyznachennia vmistu radionuklidiv metodom fizychnoho kontsentrivannia [Guidelines for Preparation of Counting Samples for Determining the Content of Radionuclides by the Method of Physical Concentration]*. Kyiv [in Ukrainian].
  15. Hudkov, I.M. (Ed.), Haichenko, V.A. & Kashparov, V.O. (2017). *Sil's'kohospodars'ka radioekologiya: pidruchnyk [Agricultural radioecology: Textbook]*. Kyiv [in Ukrainian].
  16. Herasymenko, V.Yu. & Rozputnii, O.I. (2009). Stan ornnykh uhid zabrudnennykh terytorii Bilotserkivskoho raionu Kyivskoi oblasti za aktyvnistiu  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  [Status of Arable Lands in Contaminated Areas of Bila Tserkva District, Kyiv Oblast, Based on the Activity of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ ]. *Ahrarni visti — Agrarian News*, 1, 16–18. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/1233> [in Ukrainian].
  17. Rozputnii, O.I., Pertsovyi, I.V., Herasymenko, V.Yu. & Saveko, M.Ie. (2018). Otsinka mihratsii  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  na radioaktyvno zabrudnennykh ahrolandshaftakh Lisostepu u viddalenyi period pislia Chornobyl'skoi katastrofy [Assessment of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  Migration in Radioactively Contaminated Agrolandscapes of the Forest-Steppe Zone in the Remote Period after the Chernobyl Disaster]. *Chornobyl'ska katastrofa. Aktualni problemy, napriamky ta shliakhy yikh vyrishennia [The Chernobyl Disaster: Current Issues, Directions, and Approaches for their Resolution]*. (pp. 293–299). Zhytomyr: ZhNAEU [in Ukrainian].
  18. Zubets, M., Bohdanov, G., Shkuryyn, G. et al. (1998). *Rekomendatsii z stvorennia i vedennia haluzi miasnoho skotarstva v zabrudnennykh radionuklidamy raionakh Ukrainy: naukovy-metodychne vydannia [Recommendations for the creation and management of the meat and livestock industry in radionuclide-contaminated areas of Ukraine: Scientific and methodical edition]*. Kyiv [in Ukrainian].
  19. Gerasimenko, V., Rozputny, O., Pertsovyi, I. et al. (2017). Migration and prognosis of radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in vegetable produce: the case of villages of the Central Forest-Steppe of Ukraine in the remote period after Chernobyl Disaster. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (3), 246–250. DOI: [http://dx.doi.org/10.15421/2017\\_75](http://dx.doi.org/10.15421/2017_75) [in English].
  20. Prister, B.S. (Ed.). (2007). *Vedennia silskohospodarskoho vyrobnytstva na terytoriiakh, zabrudnennykh vnaslidok Chornobyl'skoi katastrofy: u viddalenyi period: rekomendatsii [Agricultural Production Management in Areas Contaminated by the Chernobyl Disaster in the Remote Period: Recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.03.2023