

ЕКОЛОГІЯ

УДК504.064:637

**РОЗПУТНИЙ О.І., ПЕРЦЬОВИЙ І.В.,
ГЕРАСИМЕНКО В.Ю., СКИБА В.В.,
САВЕКО М.С.***Білоцерківський національний аграрний університет
bezpeku@ukr.net***ОЦІНКА НАДХОДЖЕННЯ ^{137}Cs І ^{90}Sr В ОРГАНІЗМ
ДІЙНИХ КОРІВ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ
АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ
У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ**

Проведено оцінку надходження ^{137}Cs і ^{90}Sr з кормом в організм дійних корів та накопичення цих радіонуклідів у молоці і гнойовій масі на радіоактивно забруднених територіях Центрального Лісостепу України. Визначальними чинниками формування питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у молоці корів є обсяги надходження цих радіонуклідів з кормами з добового раціону, які залежать від складу раціону та щільності забруднення ґрунтів, на яких вирощуються кормові культури. Дослідження показали, що на радіоактивно забруднених агроландшафтах Центрального Лісостепу можна вирощувати кормові культури для годівлі дійних корів та отримувати молоко без обмежень.

Питома активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у молоці корів прямопропорційно залежить від активності цих радіонуклідів у кормах добового раціону. В 1 л молока концентрується 0,58–0,85 % ^{137}Cs та 0,13–0,19 % ^{90}Sr , а з добовим надоем виділяється відповідно 5,74–7,90 % та 1,31–1,90 %, що надходить з кормами добового раціону. Молоко, отримане на радіоактивно забруднених територіях Центрального Лісостепу, відповідає критеріям радіаційної безпеки ДР-2006 за активністю ^{137}Cs і ^{90}Sr . У молоці активність ^{137}Cs і ^{90}Sr не перевищує 10 % значення допустимих гігієнічних нормативів

Основна частка радіонуклідів (до 90,0 % ^{137}Cs і ^{90}Sr), що надходять з середньодобовим раціоном годівлі корів та підстилкою, переходить у гнойову масу. Гнойову масу корів з радіоактивно забруднених територій можна використовувати тільки в межах господарств, де вона отримується. У разі внесення гною, отриманого у господарствах, що розташовані на радіоактивно забруднених територіях, у ґрунти умовно чистих територій необхідно контролювати в ній активність радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr .

Ключові слова: радіоактивно забруднені агроландшафти, радіонукліди, ^{137}Cs , ^{90}Sr , рослинний корм, дійні корови, молоко корів, гнойова маса корів, лісостепова зона.

doi: 10.33245/2310-9289-2018-145-2-62-71

Постановка проблеми. Внаслідок Чорнобильської катастрофи значна територія України, Білорусі, Росії та країн Західної Європи, передусім Скандинавії та Альпійського регіону зазнала стійкого радіоактивного забруднення [1–3]. В Україні забруднення зазнала майже вся територія Полісся та значна частина Лісостепу південніше Києва. До зон радіоактивного забруднення було віднесено 2293 населених пункти у 74 районах 12 областей (Вінницька, Волинська, Житомирська, Івано-Франківська, Київська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Черкаська, Чернівецька, Чернігівська) [3]. При цьому було забруднено майже 9 % сільськогосподарських угідь з різним типом ґрунтів та рівнем їх зволоження. Особливо тяжкими наслідки аварії стали для Полісся, північних частин Волинської, Житомирської, Київської, Рівненської і Чернігівської областей, території яких зазнали найбільшого забруднення [4].

Забруднення ґрунтів агроландшафтів ^{137}Cs і ^{90}Sr нині є однією з найактуальніших екологічних проблем для сільськогосподарського виробництва. Ґрунти сільськогосподарських угідь стали своєрідним депо і першою ланкою у міграції ^{137}Cs і ^{90}Sr трофічними ланцюгами агроєкосистем [4–8]. Радіонукліди ^{137}Cs та ^{90}Sr , маючи хімічні властивості, подібні до калію та кальцію, досить легко із ґрунту залучаються у біогенну міграцію трофічним ланцюгом «ґрунт – рослина – тварина» й накопичуються в організмі тварин та продовольчій продукції [8–13].

На радіоактивно забруднених агроландшафтах рослинний корм стає джерелом надходження ^{137}Cs і ^{90}Sr в організм корів. В організмі тварини радіонукліди цезію накопичуються переважно в м'язовій тканині, а стронцію – у кістковій та виділяються з молоком, сечею й калом [4, 8, 14–18].

Молоко відіграє важливу роль у харчуванні людини, що зумовлює необхідність постійного моніторингу радіоекологічної ситуації, оцінки накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr та з'ясування закономірностей переходу цих радіонуклідів у продукцію [4, 19–21].

Споживання населенням продовольчої продукції, забрудненої ^{137}Cs і ^{90}Sr , призводить до додаткового внутрішнього опромінення організму людини понад природні рівні, а це зумовлює необхідність виробництва продукції з мінімальним умістом цих радіонуклідів, який не перевищує встановлених гігієнічних нормативів. Для прогнозування забруднення тваринницької продукції і обмеження надходження ^{137}Cs і ^{90}Sr в організм людини необхідно знати основні закономірності їх поведінки в організмі тварин та кількісно оцінювати процеси їх переходу в продукцію тваринництва [22–27].

Ведення аграрного виробництва на радіоактивно забруднених територіях потребує постійного моніторингу радіаційної ситуації, з'ясування процесів і закономірностей міграції ^{137}Cs і ^{90}Sr трофічними ланцюгами агроєкосистем. Оцінка потоків радіонуклідів, що залучаються у біогенну міграцію із продукцією сільськогосподарського виробництва, має наукове та практичне значення для управління потоками радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr з метою виробництва продукції з мінімальним умістом цих радіонуклідів [4, 22–24].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Після Чорнобильської катастрофи минуло понад три десятиліття. Внаслідок розпаду ^{137}Cs і ^{90}Sr площа територій із високою щільністю забруднення в цілому зменшилася в 1,5–2 рази, однак проблема радіоактивного забруднення агроландшафтів залишається актуальною [3, 8, 22–24].

З огляду на те, що молоко є важливим харчовим продуктом, його радіонуклідному забрудненню присвячено багато досліджень [8, 13–16, 21]. Встановлено, що перехід ^{137}Cs і ^{90}Sr з кормів у молоко залежить від рівня і повноцінності годівлі, віку, продуктивності корів, вмісту в їх раціоні калію та кальцію. У дійних корів значна частка ^{137}Cs і ^{90}Sr виводиться із організму з молоком. У період рівноваги між надходженням та виведенням з організму ^{137}Cs і ^{90}Sr , з 1 л молока виводиться 0,46–1,25 % ^{137}Cs та 0,12–0,16 % ^{90}Sr від добового надходження з кормом. У високопродуктивних тварин коефіцієнти переходу ^{137}Cs з кормів у молоко суттєво нижчі (0,46–0,7 %). За стійлового утримання корів з надоями 12–15 л на добу коефіцієнт переходу ^{137}Cs з раціону в молоко становить у середньому 0,7 %, а за пасовищного періоду – 0,9 %. Це зумовлено поїданням тваринами разом з травою ґрунту і дернини. Встановлено також зв'язок між умістом клітковини у раціоні корів за стійлового утримання і переходом ^{137}Cs у молоко. У разі збільшення вмісту клітковини в раціоні з 1,3–1,8 до 3,1 кг/добу відмічається зменшення переходу ^{137}Cs від 0,9 до 0,7 [10, 13–16, 21, 28].

Аналіз літературних джерел показав, що в Україні залишаються ще декілька десятків населених пунктів у Житомирській, Рівненській і Волинській областях, де питома активність ^{137}Cs у молоці корів перевищує вимоги державних гігієнічних нормативів (ДР-2006) до 6 разів, а мешканці цих територій зазнають впливу додаткового опромінення, рівень якого перевищує ліміт дози, установлений для населення нормами радіаційної безпеки України [21, 29–31].

Встановлено, що виведення ^{137}Cs і ^{90}Sr з організму корів відбувається переважно через шлунково-кишковий канал (до 90 %), нирки (до 2 %) і молочну залозу (до 6 %) [10, 13–16], що зумовлює необхідність вивчення питання накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr у гнойовій масі корів, яку в подальшому використовують як органічне добриво для ґрунтів.

На думку вчених, радіоактивне забруднення Центрального Лісостепу України небезпечно через наявність ділянок помірного, середнього та місцями сильного забруднення на домінуючому фоні слабого [22]. Незважаючи на те, що на забруднених територіях Лісостепу отримують продукцію зі значно нижчим вмістом ^{137}Cs і ^{90}Sr , ніж на Поліссі, їх рівні у десятки разів перевищують фонові, фіксовані до аварії.

Метою дослідження була оцінка надходження радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в організм дійних корів з кормами та їх накопичення у молоці та гнойовій масі на радіоактивно забруднених агроландшафтах центральної частини лісостепової зони у віддалений період Чорнобильської катастрофи. Досліджували активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у ґрунтах, кормах, молоці, гнойовій масі й оцінювали їх накопичення.

Матеріал і методика дослідження. Дослідження проводили у ТОВ ФК «Агро-Лідер Україна» і ТОВ «Надія» та домашніх господарствах жителів сіл Йосипівка і Тарасівка Білоцерківсь-

кого району Київської області, які знаходяться в зонах радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи. Згідно з даними еколого-агрохімічної паспортизації, ґрунти сільськогосподарських угідь у господарствах, де виконували дослідження, складають чорноземи типові легко- та середньосуглинкові з умістом гумусу 2,8–3,2 %, щільністю ґрунту 1,18–1,25 г/см³, середніми значеннями вмісту обмінного калію, кальцію та мають нейтральну реакцію середовища водної витяжки. У ТОВ «Надія» рівень забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs становить від 104 до 396 кБк/м² та ⁹⁰Sr – від 9,4 до 36,2 кБк/м². У ТОВ ФК «Агро-Лідер Україна» ґрунти мають щільність забруднення ¹³⁷Cs 37–284 кБк/м² та ⁹⁰Sr – 7,5–32 кБк/м². Щільність забруднення ґрунтів присадибних ділянок с. Йосипівка ¹³⁷Cs становить від 206 до 380 кБк/м² та ⁹⁰Sr – від 24 до 38 кБк/м². У с. Тарасівка рівень забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs становить від 57 до 136 кБк/м² та ⁹⁰Sr – 10,5–20 кБк/м² [17–18].

У господарствах коровам згодовували у весняно-літній період зелену масу люцерни, вико-вівсяної суміші, кукурудзи, гичку цукрових буряків, дерть пшеничну, ячмінну, а в осінньо-зимовий період – силос кукурудзяний, солому пшеничну, ячмінну, горохову, дерть пшеничну, ячмінну, горохову. Годівлю здійснювали тричі, корів не випасали. Середньодобовий надій молока на одну фуражну корову упродовж дослідного періоду становив 10–12 л.

Для проведення досліджень було відібрано середні зразки кормів, молока та гнойової маси. Активність ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr визначали на УСК «Гамма Плюс У» з програмним забезпеченням «Прогрес 2000» у лабораторії кафедри безпеки життєдіяльності Білоцерківського НАУ. Активність ¹³⁷Cs визначали методом сцинтиляційної гамма-спектрометрії в посудині Марінеллі ємністю 1 л у нативних зразках чи після їх фізичного концентрування, а ⁹⁰Sr – після радіохімічного виділення методом сцинтиляційної бета-спектрометрії згідно з методиками проведення вимірювань [32–37]. Дані досліджень обробляли статистичним методом із використанням програми Microsoft Excel 2016. Питому активність ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr розраховували на натуральну вологість зразків.

Основні результати дослідження. Результати дослідження обсягів надходження ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr з кормами добового раціону, їх активність у молоці корів та коефіцієнти переходу наведено у таблиці 1. З даних таблиці видно, що найвищою активність ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr була у середньодобовому раціоні корів ТОВ «Надія», де щільність забруднення угідь найвища. Значно нижчою, в середньому вдвічі, активність зазначених радіонуклідів була у добовому раціоні корів ТОВ ФК «Агро-Лідер Україна», де рівень забруднення полів значно нижчий.

Таблиця 1 – Обсяги надходження ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr в організм дійних корів та їх накопичення у молоці*, М±m, n = 36

Показники		Активність у добовому раціоні, Бк	Питома активність у молоці, Бк/л**	КПв 1 л молока, %	КП в добовий надій, %
ТОВ «Надія»	¹³⁷ Cs	545,0±194,2 201,0–930,0	4,1±1,33 1,7–6,7	0,76±0,05 0,68–0,82	7,6±0,37 6,4–8,0
	⁹⁰ Sr	805,1±215,4 400,8–1186,5	1,4±0,39 0,7–2,1	0,17±0,01 0,16–0,19	1,7±0,11 1,5–1,9
ТОВ ФК «Агро-Лідер Україна»	¹³⁷ Cs	298,1±70,4 161,8–442,5	1,8±0,48 1,0–2,4	0,60±0,08 0,43–0,72	6,7±0,55 5,6–6,44
	⁹⁰ Sr	396,4±53,9 350,4– 576,6	0,5±0,07 0,41–0,7	0,12±0,01 0,11–0,14	1,18±0,42 1,03–1,40

Примітка: *У чисельнику наведено середнє, а у – знаменнику мінімальне та максимальне значення. **Допустимі рівні активності у молоці: ¹³⁷Cs – 100, а ⁹⁰Sr – 20 Бк/л.

Упродовж дослідного періоду надходження ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr в організм тварин з кормами було нерівномірне й коливалося в 2–4 рази, залежно від активності цих радіонуклідів у кормах, виду кормової культури та щільності забруднення поля, оскільки щільність забруднення полів у господарствах неоднорідна та різні кормові культури накопичують неоднакову кількість радіонуклідів. При цьому найменша активність ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr була у зеленій масі кукурудзи, а найбільша – у зеленій масі люцерни та вико-вівсяної суміші. Інтенсивність накопичення ⁹⁰Sr у зеленій масі кукурудзи у 20 разів, люцерни – у 1,5–2 рази, вико-вівсяної суміші – у 4–6 разів вищою, ніж ¹³⁷Cs.

Активність ¹³⁷Cs у молоці корів ТОВ «Надія» в середньому становила 4,1 Бк/л, ТОВ «Агро-Лідер Україна» – 1,8 Бк/л. Активність ⁹⁰Sr у молоці корів ТОВ «Надія» в середньому

становила 1,4 Бк/л, ТОВ «Агро-Лідер Україна» – 0,5 Бк/л. Таким чином, молоко отримане у ТОВ «Надія» та ТОВ «Агро-Лідер Україна», відповідає критеріям радіаційної безпеки [38] за вмістом ^{137}Cs і ^{90}Sr . В середньому у добовий надій молока корів ТОВ «Надія» переходило 7,6 % ^{137}Cs і 1,7 % ^{90}Sr , ТОВ ФК «Агро-Лідер Україна» – 6,7 % ^{137}Cs і 1,2 % ^{90}Sr , що надходили з кормами добового раціону. Дослідження показали, що активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у молоці корів прямо пропорційно залежала від їх активності у кормах середньодобового раціону (рис. 1).

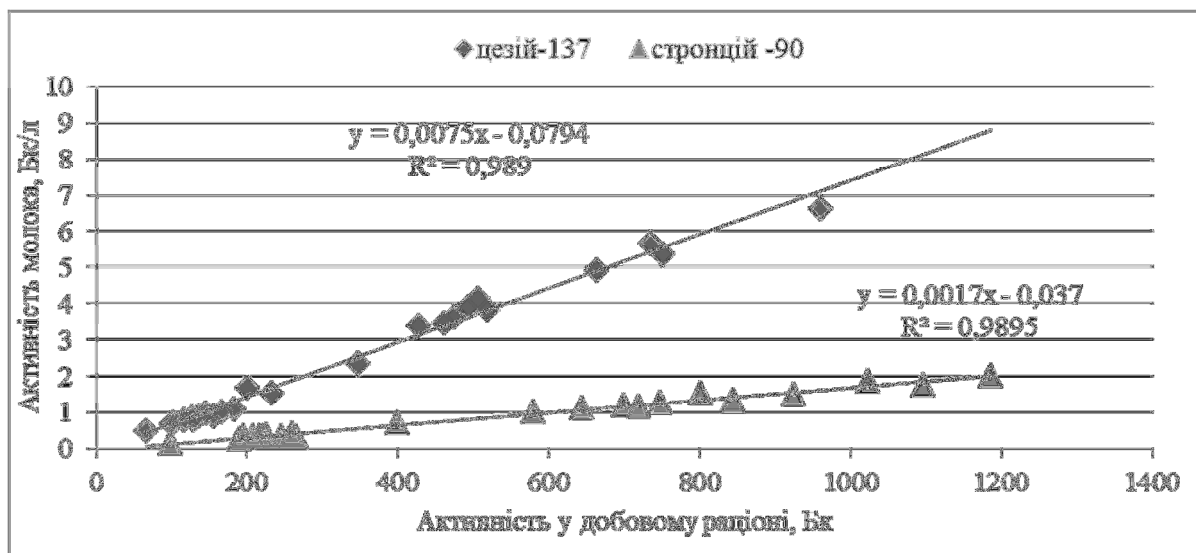


Рис. 1. Залежність між активністю ^{137}Cs і ^{90}Sr у добовому раціоні корів та молоці

Дослідження активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у молоці корів подвірних господарств жителів сіл Йосипівка і Тарасівка наведено у таблиці 2. У молоці корів с. Йосипівка, щільність забруднення території якого найвища, активність ^{137}Cs і ^{90}Sr не перевищує 10 % значення допустимих гігієнічних нормативів [38]. При цьому в молоці активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у весняно-літній період була у 2–3 рази вища, ніж в осінньо-зимовий, що зумовлено випасанням корів на природних пасовищах, де рівень забруднення ґрунтів значно вищий, ніж на орних угіддях. Отримані нами дані (табл. 2), у порівнянні з літературними даними, показали, що активність ^{137}Cs у молоці в середньому у 10–20 разів нижча, ніж на Поліссі.

Таблиця 2 – Питома активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у молоці домашніх господарств, Бк/кг, n=12

Продукція	с. Йосипівка		с. Тарасівка	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Молоко	6,3±1,86	2,2±0,60	2,2±0,67	0,7±0,10
	3,5 – 9,3	1,2 – 2,8	1,2 – 3,4	0,4 – 1,2

Примітка: *У чисельнику наведено середнє, а у – знаменнику мінімальне та максимальне значення. **Допустимі рівні активності у молоці: ^{137}Cs – 100, а ^{90}Sr – 20 Бк/л.

Дослідження щодо активності ^{137}Cs та ^{90}Sr у добовому раціоні дійних корів і підстилці та накопичення цих радіонуклідів у гнойовій масі наведено у таблиці 3. З даних таблиці 3 видно, що основна частка ^{137}Cs та ^{90}Sr (до 90 %), які надходять з рослинними кормами в організм корів та підстилкою, накопичується у гнойовій масі. Вміст ^{137}Cs і ^{90}Sr у гнойовій масі прямо пропорційно залежить від їх вмісту у кормах середньодобового раціону.

Встановлено, що гнойова маса великої рогатої худоби, отримана на радіоактивно забруднених територіях, сприяє міграції та перерозподілу ^{137}Cs і ^{90}Sr у агроландшафтах і є джерелом вторинного забруднення ґрунтів ^{137}Cs і ^{90}Sr . Отже, використання гною великої рогатої худоби, як органічного добрива для ґрунтів зумовлює необхідність оцінки його впливу на рівень забруднення ґрунтів ^{137}Cs і ^{90}Sr .

Таблиця 3 – Накопичення ^{137}Cs та ^{90}Sr у гнойовій масі корів, $M \pm m$, $n = 36$

Показники	ТОВ ФК «Агро-Лідер Україна»		ТОВ «Надія»	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Вміст у середньодобовому раціоні та підстилці, Бк на 1 гол.	307,2±70,2 169,0 – 451,2	412,5±58,7 366,1 – 586,8	585,3±174,2 228,8–980,8	862,1±195,1 460,7–1286,1
Активність гнойової маси, Бк/кг	7,4±1,7 3,9 – 10,4	10,4±1,6 8,6 – 11,4	14,3±2,74 6,8–28,0	26,2±2,5 13,1–38,1
Вміст у середньодобовому об'ємі гнойової маси, Бк на 1 гол.	267,8±58,1 152,0 – 398,2	360,9±58,9 325,1 – 506,8	497,2±162,0 182,4–862,4	741,1±175,0 377,2–1110,2
Накопичується у гнойовій масі, %	87,5±3,7 81,5 – 91,3	87,9±4,5 81,1 – 92,2	84,7±2,7 78,1 – 89,3	85,4±2,0 81,9 – 89,7

Примітка: у чисельнику наведено середнє, а у – знаменнику мінімальне та максимальне значення.

Висновки. Визначальними чинниками формування питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у молоці корів є обсяги надходження цих радіонуклідів з кормами з добового раціону, які залежать від складу раціону та щільності забруднення ґрунтів, на яких вирощують кормові культури.

Молоко, отримане на радіоактивно забруднених територіях Центрального Лісостепу, відповідає критеріям радіаційної безпеки ДР-2006 за активністю ^{137}Cs і ^{90}Sr . Дослідження засвідчили, що на полях з високими рівнями радіоактивного забруднення можна вирощувати кормові культури для годівлі корів і отримувати молоко без обмежень.

Питома активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у молоці корів прямо пропорційно залежить від активності цих радіонуклідів у кормах добового раціону. В 1 л молока концентрується 0,60–0,76 % ^{137}Cs та 0,12–0,17 % ^{90}Sr , а з добовим надосом відповідно виділяється 6,7–7,6 % та 1,2–1,7 %, що надходить з кормами добового раціону.

Основна частка (до 90,0 %) ^{137}Cs і ^{90}Sr , що надходять з середньодобовим раціоном годівлі корів та підстилкою, переходить у гнойову масу. Гнойову масу корів з радіоактивно забруднених територій можна використовувати тільки в межах господарств, де вона отримується. У разі внесення гною, отриманого у господарствах, що розташовані на радіоактивно забруднених територіях, у ґрунти умовно чистих територій необхідно контролювати в ньому активність радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Atlas of Cesium deposition on Europe after the Chernobyl accident. Luxembourg, European Commission. 1998. 63p.
2. Beresford N.A., Fesenko S., Konoplev A., Skuterud L., Smith J.T., Voigt G. Thirty years after the Chernobyl accident: what lessons have we learnt? Journal of Environmental Radioactivity. 2016. Vol. 157. P. 77-89. URL: <http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.003>.
3. Kashparov V., Levchuk S., Khomutynyn Yu., Morozova V., Znurba M. Report of UIAR. Chernobyl: 30 Years of Radioactive Contamination Legacy. Kiev, UIAR of NUBiP of Ukraine. 2016. 59 p.
4. Кашпаров В.А. Поліщук С.В., Отрешко Л.М. Радіологічні проблеми ведення сільськогосподарського виробництва на забрудненій в результаті Чорнобильської катастрофи території України. Чорнобильський науковий вісник. Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. 2011. № 2 (38). С. 13–30.
5. Иванов Ю. А. Роль свойств выпадений выброса ЧАЭС и характеристик территории в формировании многолетней динамики миграции ^{90}Sr и ^{137}Cs в компонентах почвенно-растительного покрова. Проблемы Чорнобильської зони відчуження. 2016. Вип.15–16. С.30–51.
6. Хомутинін Ю.В., Левчук С.Є., Павлюченко В.В. Оптимізація радіаційного моніторингу сільськогосподарської продукції та угідь. Ядерна фізика та енергетика. 2016. № 3. Т. 17. С. 259–268.
7. Хомутинін Ю.В., Левчук С.Є., Павлюченко В. В. Оптимізація відбору проб ґрунту при картуванні щільності радіоактивних випадів. Вісник Житомирського університету. 2016. № 1 (55). Т.3. С. 74–84.
8. Лазарев М.М., Левчук С.Є., Косарчук О.В., Можар А.О. Проблеми забруднених радіонуклідами сільськогосподарських територій на сучасному етапі. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2016. № 1 (55). Т.3. С. 191–201.
9. Fesenko S., Isamova N., Howard B.J., Sanzharovaa N., Wells C. Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: Transfer to animal tissues. Journal of Environmental Radioactivity. 2018. Vol. 192. December 2018. P. 233–249. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.06.012>.
10. Howard B.J., Beresford N.A., Barnett C.L., Fesenko S. Radionuclide transfer to animal products: revised recommended transfer coefficient values. Journal of Environmental Radioactivity. 2009. Vol. 100. Issue 3. March 2009. P. 263–273. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.12.015>.
11. Howard B.J., Fesenko S., Balonov M., Pröhl G., Nakayama Shinichi. A Comparison of Remediation after the Chernobyl and Fukushima Daiichi Accidents. Radiation Protection Dosimetry. 2017. Vol. 173. Issue 1–3. 1 April 2017. P. 170–176. URL: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw312>.

12. Fesenko S., Howard B.J., Sanzharova N., Vidal M. Remediation of Areas Contaminated by Caesium: Basic Mechanisms Behind Remedial Options and Experience in Application. Impact of Cesium on Plants and the Environment / eds. D.K. Gupta, C. Walther. Switzerland, Springer International Publishing, 2017. P. 265–310. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-41525-3_15.
13. Palsson S. E., Howard B. J., Gudnason K., Sigurgeirsson M. A. Long-term transfer of global fallout ^{137}Cs to cow's milk in Iceland. Environmental Monitoring and Assessment. 2012, Vol. 184. Issue 12. P. 7221–7234. URL: <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2498-4>.
14. Howard B.J., Wells C., Barnett C.L., Howard D.C. Improving the quantity, quality and transparency of data used to derive radionuclide transfer parameters for animal products. 2. Cow milk. Journal of Environmental Radioactivity. 2017. Vol. 167. February 2017. P. 254–268. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.10.018>.
15. Howard B.J., Wells C., Barnett C.L., Sheppard S.C. How knowledge of the gastrointestinal absorption of elements could be used to predict transfer to milk. Scientific Reports. 2016. Vol. 6. Article number: 37041. URL: <https://www.nature.com/articles/srep37041>.
16. Lettner H., Hubmer A., Bossew P., Strebl F., Steinhausler F. Effective and ecological half-lives of Cs-137 in cow's milk in alpine agriculture. Radiation and Environmental Biophysics. 2009. Vol. 48(1). P. 47–56. URL: <https://doi.org/10.1007/s00411-008-0192-x>.
17. Розпутній О.І., Перцьовий І.В., Герасименко В.Ю., Савеко М.Є. Оцінка міграції ^{137}Cs і ^{90}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.
18. Herasymenko V., Pertsyovyi I., Rozputnyi O. Assessment of the radiation safety of the rural population of the Central forest-steppe of Ukraine in the remote period after the Chernobyl catastrophe. Proceedings of the 2nd Annual Conference «Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions». Tallinn, Estonia, DKLex Academy OÜ and «Scientific Route» OÜ, November 23, 2018. P. 30–33. URL: DOI: <http://dx.doi.org/10.21303/2585-6847.2018.00768>.
19. Романчук Л.Д. Радіоекологічна оцінка формування дозового навантаження у мешканців сільських територій Полісся України : монографія. Житомир : Полісся, 2015. 300 с.
20. Фещенко В.П., Гурелія В.В. Прогностичний аналіз екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених агроландшафтах Полісся. Збалансоване природокористування. 2016. № 3. С. 25–30.
21. Левчук С. Є., Лазарев М. М., Павлюченко В. В. Сучасний стан із забрудненням ^{137}Cs молока корів у північних регіонах України. Ядерна фізика та енергетика. 2016. Т. 17. № 1. С. 69–75.
22. Гудков І.М. Становлення сільськогосподарської радіоекології в Україні: етапи розвитку, досягнення, проблеми, перспективи. Агроєкологічний журнал. 2017. № 2. С. 58–67.
23. Прістер Б.С. Проблеми радіаційного захисту населення на територіях, забруднених у наслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Вісник НАН України. 2011. № 4. С. 3–11.
24. Зубець М.В., Прістер Б.С., Алексахін Р.М., Богдевіч І.М., Кашпаров В.А. Актуальні проблеми і завдання наукового супроводу виробництва сільськогосподарської продукції в зоні радіоактивного забруднення Чорнобильської АЕС. Агроєкологічний журнал. 2011. № 1. С. 3–20.
25. Ландін В.П. Чоботько Г.М., Кучма М.Д., Райчук Л.А. Подолання наслідків Чорнобильської катастрофи в агросфері України. Агроєкологічний журнал. 2017. № 2. С. 67–76.
26. Fesenko S., Jacob P., Ulanovsky A., Chupov A., Bogdevich I., Sanzharova N., Kashparov V., Panov A., Zhuchenka Y. Justification of remediation strategies in the long term after the Chernobyl accident. Journal of Environmental Radioactivity. 2013. Vol. 119. P. 39–47. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2010.08.012>.
27. Maloshtan I.M., Polishchuk S.V., Kashparov V.A. Assessment of radiological effectiveness of countermeasures on peat-bog soils of northwest Polissya of Ukraine. Nuclear Physics and Atomic Energy. 2016. Vol. 17. Issue 3. P. 287–295.
28. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Vienna: IAEA. 2010. 210 p.
29. Меженський А.О. Меженська Н.А., Прокопенко Т.О., Гусак Л.М. Забрудненість об'єктів ветеринарного нагляду радіонуклідами Cs-137 та Sr-90 в Україні за 2005-2015 рр. Науково-теоретичний збірник Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. № 1 (55). Т.3. С. 277–282.
30. Меженський А.О. Меженська Н.А. Радіаційний моніторинг об'єктів ветеринарного нагляду радіонуклідами Cs-137 та Sr-90 в Україні за 2005-2015 рр. Збірник матеріалів XV Міжнародної науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу та аспірантів «Проблеми ветеринарної медицини, якості і безпеки продукції тваринництва». Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2016. С. 73–74.
31. Poltavchenko T.V., Bogatko N.M., Parfenyuk I.O. Radionuclides contamination of food, animal and vegetable origin in Rivne region. Scientific Messenger LNUVMB. 2017. № 19(82). P. 188–191.
32. Меженський А.О., Вінокурова Т.В., Гусак Л.М., Прокопенко Т.О., Меженська Н.А. Методика вимірювання активності радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr в харчових продуктах, кормах, сировині тваринного та рослинного походження на універсальному спектрометричному комплексі «Гамма Плюс». Київ: ДНДІЛДВСЕ, 2014. 82 с.
33. Прокопенко Т.О., Салата В.З. Методичні рекомендації щодо підготовки лічильних зразків для визначення вмісту радіонуклідів методом фізичного концентрування. Київ: ДНДІЛДВСЕ, 2012. 11 с.
34. Меженський А.О., Салата В.З., Прокопенко Т.О. та ін. Методичні рекомендації щодо підготовки проб для визначення питомої активності радіонукліду ^{137}Cs в сировині, продукції тваринного та рослинного походження за допомогою гамма-спектрометрів і радіометрів. Київ: ДНДІ ЛДВСЕ, 2010. 9 с.
35. Меженський А.О., Салата В.З., Чорний С.В. та ін. Методичні рекомендації щодо підготовки проб для визначення питомої активності радіонукліду ^{90}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.

36. Методика измерения активности бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах с использованием программного обеспечения «Прогресс». Москва, 1996. 27 с.

37. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения. Москва: «Прогресс», 1996. 38 с.

38. ГН 6.6.1.1-130-2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. Державні гігієнічні нормативи. URL:<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06>.

REFERENCES

1. Atlas of Cesium deposition on Europe after the Chernobyl accidento Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-828-3140-X, 1998. 63p.

2. Beresford, N.A., Fesenko, S., Konoplev, A., Skuterud, L., Smith, J.T., Voigt, G. Thirty years after the Chernobyl accident: what lessons have we learnt?. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 157, 2016. pp. 77–89. Available at: <http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.003>.

3. Kashparov, V., Levchuk, S., Khomutynyn, Yu., Morozova, V., Znurba, M. Report of UIAR. Chernobyl: 30 Years of Radioactive Contamination Legacy, Kiev, UIAR of NUBIP of Ukraine. 2016. 59 p.

4. Kashparov, V.A. Polishchuk, S.V., Otrushko, L.M. (2011). Radiolohichni problemy vedennya silskohospodarskoho vyrobnytstva na zabrudneniy v rezultati Chornobylskoyi katastrofy terytoriyi Ukrainy [Radiological problems of agricultural production on the territory of Ukraine contaminated as a result of the Chernobyl catastrophe.]. *Chornobylskyy naukovyy visnyk [Chernobyl Scientific Bulletin]*. Byuletyn ekolohichnoho stanu zony vidchuzhennya ta zony bezumovnoho (obov'yazkovoho) vidseleння [Bulletin on the ecological status of the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement]. no. 2 (38), pp. 13–30.

5. Ivanov, YU. A. (2016). Rol svoystv vypadeniy vybrosa CHAES i kharakteristik territorii v formirovani mnogoletney dinamiki migratsii ^{90}Sr i ^{137}Cs v komponentakh pochvenno-rastitelnogo pokrova [The role of the ChNPP emissions and the characteristics of the territory in the formation of the long-term migration dynamics of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the components of the land cover]. *Problemi Chornobylskoyi zoni vidchuzhennya [Problems of the Chernobyl exclusion zone]*. Issue 15–16, pp. 30–51.

6. Khomutinin, YU. V., Levchuk, S. YE., Pavlyuchenko, V. V. (2016). Optymizatsiya radiatsynoho monitorynha silskohospodarskoyi produktsiyi ta uhid [Optimization of radiation monitoring of agricultural products and lands]. *Yaderna fizyka ta enerhetyka [Nuclear Physics and Power Engineering]*. Vol. 17, no. 3, pp. 259–268.

7. Khomutinin, YU.V., Levchuk, S. YE., Pavlyuchenko, V. V. (2016). Optymizatsiya vidboru prob gruntu pry kartuvanni shchilnosti radioaktyvnykh vypadin [Optimization of sampling of soil when mapping the density of radioactive fallout]. *Visnyk Zhytomyrskoho universytetu [Bulletin of Zhytomyr University]*. no. 1 (55), Vol. 3, pp. 74–84.

8. Lazaryev, M.M., Levchuk, S.YE., Kosarchuk, O.V., Mozhar, A.O. (2016). Problemy zabrudnenykh radionuklidamy silskohospodarskykh terytoriy na suchasnomu etapi [Problems of contaminated radionuclides of agricultural territories at the present stage]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University]*. no.1 (55), Vol. 3, pp. 191–201.

9. Fesenko, S., Isamova, N., Howard, B.J., Sanzharova, N., Wells, C. Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: Transfer to animal tissues. *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 192, December 2018. pp. 233–249. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.06.012>.

10. Howard, B.J., Beresford, N.A., Barnett, C.L., Fesenko, S. Radionuclide transfer to animal products: revised recommended transfer coefficient values. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 100, Issue 3, March 2009. pp. 263–273. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.12.015>.

11. Howard, B.J., Fesenko, S., Balonov, M., Pröhl, G., Nakayama Shinichi. A Comparison of Remediation after the Chernobyl and Fukushima Daiichi Accidents. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 173, Issue 1–3, 1 April 2017. pp. 170–176. Available at: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw312>.

12. Fesenko, S., Howard, B.J., Sanzharova, N., Vidal, M. Remediation of Areas Contaminated by Caesium: Basic Mechanisms Behind Remedial Options and Experience in Application. *Impact of Caesium on Plants and the Environment / eds D.K. Gupta, C. Walther*. Switzerland, Springer International Publishing. 2017. pp. 265–310. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-41525-3_15.

13. Palsson, S. E., Howard, B. J., Gudnason, K., Sigurgeirsson, M. A. (2012). Long-term transfer of global fallout ^{137}Cs to cow's milk in Iceland. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 184, Issue 12, pp. 7221–7234. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2498-4>.

14. Howard, B.J., Wells, C., Barnett, C.L., Howard, D.C. Improving the quantity, quality and transparency of data used to derive radionuclide transfer parameters for animal products. 2. Cow milk. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 167, February 2017. pp. 254–268. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.10.018>.

15. Howard B.J., Wells C., Barnett C.L., Sheppard S. C. How knowledge of the gastrointestinal absorption of elements could be used to predict transfer to milk. *Scientific Reports*. Vol. 6, 2016. Article number: 37041. Available at: <https://www.nature.com/articles/srep37041>.

16. Lettner, H., Hubmer, A., Bossew, P., Strebl, F., Steinhausler, F. (2009). Effective and ecological half-lives of Cs-137 in cow's milk in alpine agriculture. *Radiation and Environmental Biophysics*. Vol. 48(1), pp. 47–56. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00411-008-0192-x>.

17. Rozputniy, O.I., Pertsovyi, I.V., Herasymenko, V.YU., Saveko, M.YE. (2018). Otsinka mihratsiyi ^{137}Cs i ^{90}Sr na radioaktyvno zabrudnenykh ahrolandshaftakh Lisostepu u viddalennyi period pislya Chornobylskoyi katastrofy [Estimation of migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in radioactive contaminated forest lands in the remote post-Chernobyl disaster]. *Chornobylska katastrofa [The Chernobyl disaster]*. Aktualni problemy, napryamky ta shlyakhy yikh vyrishennya [Actual problems, directions and ways of their solution]. Zhytomyr: ZNAMEU, pp. 293–299.

18. Herasymenko, V., Pertsovyi, I., Rozputnyi, O. (2018). Assessment of the radiation safety of the rural population of the Central forest-steppe of Ukraine in the remote period after the Chernobyl catastrophe. Proceedings of the 2nd Annual Conference «Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions». Tallinn, Estonia, DKLex Academy OÜ and «Scientific Route» OÜ, November 23, 2018. pp. 30–33. Available at: DOI: <http://dx.doi.org/10.21303/2585-6847.2018.00768>.

19. Romanchuk, L.D. (2015). Radioekologichna otsinka formuvannya dozovoho navantazhennya u meshkantsiv silskykh terytoriy Polissya Ukrainy: monohrafiya. [Radioecological assessment of the formation of the dose load of the inhabitants of the rural territories Polissya of Ukraine: monograph]. Zhytomyr : Polissya, 300 p.

20. Feshchenko, V.P., Hurelya, V.V. (2016). Prohnostychnyy analiz ekolohichnoyi bezpeky silskohospodarskoho vyrobnytstva na radioaktyvno zabrudnenykh ahrolandshaftakh Polissya [Prognostic analysis of ecological safety of agricultural production at radioactive contaminated agricultural landscapes of Polissya]. Zbalansovane pryrodokorystuvannya [Balanced natural resources]. no. 3, pp. 25–30.

21. Levchuk, S. YE., Lazaryev, M. M., Pavlyuchenko, V. V. (2016). Suchasny stan iz zabrudnenniam 137Cs moloka koriv u pivnichnykh rehionakh Ukrainy [The current state of contamination of 137Cs of milk of cows in the northern regions of Ukraine]. Yaderna fizyka ta enerhetyka [Nuclear Physics and Power Engineering]. Vol. 17, no. 1. pp. 69–75.

22. Hudkov, I.M. (2017). Stanovlennya silskohospodarskoyi radioekolohiyi v Ukraini: etapy rozvytku, dosyahnennya, problemy, perspektyvy [The formation of agricultural radioecology in Ukraine: stages of development, achievements, problems, perspectives]. Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]. no. 2, pp. 58–67.

23. Prister, B.S. (2011). Problemy radiatsiynoho zakhystu naseleння na terytoriyakh, zabrudnenykh u naslidok avariї na Chornobylskiy AES [Problems of radiation protection of the population in the territories contaminated as a result of the Chernobyl accident]. Visnyk NAN Ukrainy [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. no.4, pp. 3–11.

24. Zubets, M.V. Prister, B.S., Aleksakhin, R.M., Bohdevich, I.M., Kashparov, V.A. (2011). Aktualni problemy i zavdannya naukovoho suprovodu vyrobnytstva silskohospodarskoyi produktsiyi v zoni radioaktyvnoho zabrudnennya Chornobylskoyi AES [Actual problems and tasks of scientific support of production of agricultural products in the zone of radioactive contamination of the Chernobyl Nuclear Power Plant]. Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]. no. 1, pp. 3–20.

25. Landin, V.P. Chobotko, H.M., Kuchma, M.D., Raychuk, L.A. (2017). Podolannya naslidkiv Chornobylskoyi katastrofy v ahrosferi Ukrainy [Overcoming the consequences of the Chernobyl catastrophe in the agro-industrial area of Ukraine]. Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]. no. 2, pp. 67–76.

26. Fesenko, S., Jacob, P., Ulanovsky, A., Chupov, A., Bogdevich, I., Sanzharova, N., Kashparov, V., Panov, A., Zhuchenka, Y. (2013). Justification of remediation strategies in the long term after the Chernobyl accident. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 119, pp. 39–47. Available at: <https://doi:10.1016/j.jenvrad.2010.08.012>.

27. Maloshtan, I.M., Polishchuk, S.V., Kashparov, V.A. Assessment of radiological effectiveness of countermeasures on peat-bog soils of northwest Polissya of Ukraine. Nuclear Physics and Atomic Energy. 2016, Vol. 17, Issue 3, pp. 287–295.

28. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Vienna : IAEA, 2010. 210 p.

29. Mezhenskyy, A.O. Mezhenka, N.A., Prokopenko, T.O., Husak, L.M. (2016). Zabrudnenist obyektiv veterynarnoho nahlyadu radionuklidamy Cs-137 ta Sr-90 v Ukraini za 2005-2015 rr. [Contamination of the objects of veterinary supervision with radionuclides Cs-137 and Sr-90 in Ukraine for 2005–2015.]. Naukovo-teoretychnyy zbirnyk Visnyk Zhytomyr's'koho natsional'noho ahroekolohichnoho universytetu [Scientific and Theoretical Collection Visnyk of Zhytomyr National Agroecological University]. Zhytomyr: ZNAMEU, no.1 (55), Vol. 3, pp. 277–282.

30. Mezhenskyy, A.O. Mezhenka, N.A. (2016). Radiatsiynyy monitoryng obyektiv veterynarnoho nahlyadu radionuklidamy Cs-137 ta Sr-90 v Ukraini za 2005-2015 rr. [Radiation monitoring of veterinary supervision objects by radionuclides Cs-137 and Sr-90 in Ukraine for 2005-2015]. Zbirnyk materialiv XV Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi profesor's'ko-vykladats'koho skladu ta aspirantiv «Problemy veterynarnoyi medytsyny, yakosti i bezpeky produktsiyi tvarynnytstva» [Collection of materials of the XV International scientific and practical conference of faculty and postgraduate students "Problems of veterinary medicine, quality and safety of livestock products"]. Kyiv: LLC "Scientific-Production Enterprise" Interservis ". pp. 73–74.

31. Poltavchenko, T.V., Bogatko, N.M., Parfenyuk, I.O. Radionuclides contamination of food, animal and vegetable origin in Rivne region. Scientific Messenger LNUVMB. 2017, no. 19 (82), pp. 188–191.

32. Mezhenskyy, A.O., Vinokurova, T.V., Husak, L.M., Prokopenko, T.O., Mezhenka, N.A. (2014). Metodyka vymiryuvannya aktyvnosti radionuklidiv 137Cs, 90Sr v kharchovykh produktakh, kormakh, syrovyni tvarynnoho ta roslynnoho pokhodzhennya na universalnomu spektrometrychnomu kompleksi «Hamma Plyus» [Method for measuring the activity of radionuclides 137Cs, 90Sr in food products, feeds, raw materials of animal and vegetable origin at the universal spectrometric complex "Gamma Plus"]. Kyiv: DNDILDVSE, 82 p.

33. Prokopenko, T.O. (2012). Metodychni rekomendatsiyi shchodo pidhotovky lichylnykh zrazkiv dlya vyznachennya vmistu radionuklidiv metodom fizychnoho kontsentruvannya [Methodical recommendations for preparation of reference samples for determining the content of radionuclides by the method of physical concentration]. Kyiv: DNDILDVSE, 11 p.

34. Mezhenskyy A.O., Salata V.Z., Prokopenko T.O. (2010). Metodychni rekomendatsiyi shchodo pidhotovky prob dlya vyznachennya pytomoyi aktyvnosti radionuklidu 137Cs v syrovyni, produktsiyi tvarynnoho ta roslynnoho pokhodzhennya za dopomohoyu hamma-spektrometriv i radiometriv [Methodical recommendations for the preparation of samples for determining the specific activity of 137Cs radionuclide in raw materials, products of animal and plant origin by means of gamma spectrometers and radiometers]. Kyiv: DNDI LDVSE, 9 p.

35. Mezhenskyy, A.O., Salata, V.Z., Chornyy, S.V. (2010). Metodychni rekomendatsiyi shchodo pidhotovky prob dlya vyznachennya pytomoyi aktyvnosti radionuklidu 90Sr v neobroblynykh kharchovykh produktakh tvarynnoho ta roslynnoho pokhodzhennya, kormakh za dopomohoyu stsyntyllyatsiynykh beta-spektrometriv z prohramnym zabezpechennam

«Prohress» [Methodical recommendations for the preparation of samples for the determination of the specific activity of ^{90}Sr radionuclide in unprocessed food products of animal and plant origin, feed using scintillation beta spectrometers with the "Progress" software]. Kyiv: DNDI LDVSE, 15 p.

36. Metodyka yzmerenyya aktyvnosti beta-yluchayushchykh radyonuklydov v schetnykh obraztsakh s yspol'zovanyem prohrammnoho obespechenyya «Prohress». ». [Method for measuring the activity of beta-emitting radionuclides in counting samples using the Progress software]. Moscow, 1996. 27p.

37. Metodyka yzmerenyya aktyvnosti radyonuklydov v schetnykh obraztsakh na stsyntyllyatsyonnom hamma-spektrometre s yspol'zovanyem prohrammnoho obespechenyya [Methods of measuring the activity of radionuclides in counting samples on a scintillation gamma spectrometer using software]. Moscow: Progress, 1996. 38 p.

38. HN 6.6.1.1-130-2006. Dopustymi rivni vmistu radionuklydiv ^{137}Cs i ^{90}Sr u produktakh kharchuvannya ta pytniy vodi [Permissible levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclide content in food and drinking water]. Derzhavni hihiyenichni normatyvy [State Hygiene Standards]. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06>.

Оценка поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм дойных коров на радиоактивно загрязненных агроландшафтах Центральной Лесостепи в отдаленный период Чернобыльской катастрофы

Распутный О.И., Перцевый И.В., Герасименко В.Ю., Скиба В.В., Савеко М.Е.

Проведена оценка поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr с кормом в организм дойных коров и их накопления в молоке и навозной массе на радиоактивно загрязненных территориях Центральной Лесостепи Украины. Определяющими факторами формирования удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в молоке коров являются объемы поступления радионуклидов кормами суточного рациона, которые зависят от состава рациона и плотности загрязнения почв, на которых выращиваются кормовые культуры.

Исследования показали, что на радиоактивно загрязненных агроландшафтах Центральной Лесостепи Украины можно выращивать кормовые культуры для кормления дойных коров и получать молоко без ограничений. Активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в молоке коров прямо пропорционально зависит от их активности в кормах суточного рациона. В 1 л молока концентрируется 0,60–0,76 % ^{137}Cs и 0,12–0,17 % ^{90}Sr , а с суточным удоем выделяется соответственно 6,7–7,6 % и 1,2–1,7 %, от их поступления с кормами суточного рациона. Молоко, полученное на радиоактивно загрязненных территориях Центральной Лесостепи Украины, соответствует критериям радиационной безопасности ДР-2006 по активности ^{137}Cs и ^{90}Sr . В молоке активность ^{137}Cs и ^{90}Sr не превышает 10 % значения допустимых гигиенических нормативов.

Основная часть (до 90,0 %) ^{137}Cs и ^{90}Sr , поступающих со среднесуточным рационом кормления коров и подстилкой, переходит в навозную массу. Навозную массу коров с радиоактивно загрязненных территорий можно использовать только в пределах хозяйств, где она производится. При внесении навоза, полученного в хозяйствах, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях, в почвы условно чистых территорий необходимо контролировать в нем активность радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Ключевые слова: радиоактивно загрязненные агроландшафты, радионуклиды, ^{137}Cs , ^{90}Sr , растительный корм, дойные коровы, молоко коров, навозная масса коров, лесостепная зона.

Estimation of ^{137}Cs and ^{90}Sr accumulation in the organism of dairy cows in the radioactive contaminated agro landscapes of the Central Forest-steppe in the remote period of the Chernobyl catastrophe

Rozputnyi O., Herasymenko V., Pertsovyi I., Skyba V., Saveko M.

Because of the Chernobyl catastrophe, almost all the territory of Polissya and a significant part of the Forest-Steppe south of Kyiv suffered radioactive contamination. More than three decades have passed since the Chernobyl accident, but despite the time since the disaster, the problem of radioactive contamination is still very relevant. In radioactive contaminated agro landscapes, plant fodder becomes a source of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the body of cows. In the organism of an animal, radionuclides of cesium mainly accumulate in muscle tissue, and strontium in bone and excreted with milk, urine and feces. Milk plays an important role in human nutrition, which necessitates constant monitoring of the radio ecological situation, estimates of the accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr , and the determination of the laws governing the transition of these radionuclides into products.

The aim of the research was to evaluate the supply of ^{137}Cs and ^{90}Sr with feed in the body of dairy cows and the accumulation of these radionuclides in milk and barnyard manure mass in radioactive contaminated agricultural landscapes of the Central Forest Steppe. The research was carried out at LLC "Agro-Leader Ukraine" Ltd. and "Nadiya" Ltd and on the peasants' plots of Yosypivka, Tarasivka villages of the Bila Tserkva district of the Kyiv region who suffered from the radioactive contamination because of the Chernobyl catastrophe.

Samples of soils, fodder, milk and barnyard manure mass for conducting research were selected. The activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr was determined at the USM "Gamma Plus U" with the "Progress 2000" software in the laboratory of the Bila Tserkva NAU, department of life safety. The activity of ^{137}Cs was determined by the method of scintillation gamma spectrometry in a Marinelli vessel of volume 1L in native samples or after their physical concentration, and ^{90}Sr – after radiochemical isolation by scintillation beta spectrometry.

The results of the studies indicate that the content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in feed is directly proportional to the level of soil contamination by these radionuclides. At the same time, the least accumulated ^{137}Cs and ^{90}Sr in the green mass of corn, and most of all in the green mass of alfalfa and oats mixture. The intensity of the accumulation of ^{90}Sr in the green mass of corn is 20 times, the alfalfa – in 1,5-2 times, the use of oatmeal mixture – 4 to 6 times higher than ^{137}Cs .

It has been established that the concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in milk of cows is directly proportional to their activity in the diet. In the daily hopes of milk from cows from the diet $7,6 \pm 0,55$ % of ^{137}Cs and $1,7 \pm 0,42$ % ^{90}Sr passed from their activity in the diet. The coefficient of transition of ^{137}Cs in 1 liter of milk on average was 0.76 % and 0.17 % ^{90}Sr . The activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in milk does not exceed the permissible levels. At the same time, in the milk of households, the activity of

^{137}Cs and ^{90}Sr in the spring-summer period was two to three times higher than that of autumn-winter due to the grazing of cows in natural pastures, where the level of soil contamination is much higher than that of arable lands.

The determinants of the formation of ^{137}Cs and ^{90}Sr activity in cow's milk are the amounts of these radionuclides with feed from the daily ration, which depend on the composition of the diet and the density of soil contamination on which the forage crops are grown.

Studies have shown that the main proportion of ^{137}Cs and ^{90}Sr (up to 90 %), coming from plant foods in the body of cows, is converted into a barnyard manure mass. The accumulation coefficient of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the cow barnyard manure is 0.87. The barnyard manure mass of cows, when introduced into the soil, becomes a source of secondary soil contamination and promotes the migration and redistribution of ^{137}Cs and ^{90}Sr in agro landscapes. Obtained in radioactive contaminated areas of the barnyard manure mass of cattle must be used only within the farms in which it is produced. Studies have shown that fodder crops can be grown on the radioactive contaminated forest-steppe areas and it is possible to get milk without any restrictions.

Key words: agro landscapes, radioactive contaminated areas, radionuclides, ^{137}Cs , ^{90}Sr , grass, dairy cows, milk, cow's manure, forest-steppe zone.

Надійшла 21.11.2018 р.