

І. М. Малоштан\*, С. В. Поліщук

*Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології  
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна*

\*Відповідальний автор: radiometry@quality.ua

## НАКОПИЧЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ ТРАВ'ЯНИСТИМИ РОСЛИНАМИ НА ТОРФ'ЯНО-БОЛОТНИХ ҐРУНТАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Досліджено рівні накопичення  $^{137}\text{Cs}$  трав'янистими рослинами через 31 рік після аварії на ЧАЕС на торф'яно-болотних ґрунтах угідь населеного пункту Старе Село Рокитнівського району Рівненської області. Представлено дані щільності забруднення територій та вертикального розподілу  $^{137}\text{Cs}$  у профілях ґрунтів. Установлено значення коефіцієнтів накопичення та переходу  $^{137}\text{Cs}$  з торф'яно-болотного ґрунту для домінуючих видів трав'янистих рослин. Показано відмінності в накопиченні  $^{137}\text{Cs}$  трав'янистими рослинами залежно від фаз розвитку рослин та вегетаційного періоду. Отримано прогнозні оцінки рівнів забруднення молока  $^{137}\text{Cs}$  при використанні в якості корму лугового різнотрав'я території досліджених кормових угідь.

*Ключові слова:*  $^{137}\text{Cs}$ , коефіцієнт накопичення, коефіцієнт переходу, питома активність, торф'яно-болотні ґрунти, аварія на ЧАЕС.

### 1. Вступ

За час, що минув після аварії на ЧАЕС, радіоекологічна ситуація на території України суттєво поліпшилася внаслідок проведення дезактиваційних робіт, здійснення комплексу контрзаходів у галузі сільськогосподарського виробництва, а також завдяки природним автореабілітаційним процесам – радіоактивному розпаду, фіксації та перерозподілу радіонуклідів у ґрунті та об'єктах навколишнього середовища [1 - 3]. Усе це в підсумку привело до зниження доз опромінення населення, вилученню поняття «зона посиленого радіоекологічного контролю» [4], а відтак дозволило повернути в обіг значну частину сільськогосподарських земель. Проте до цього часу на території Полісся України (Житомирська та Рівненська області) залишаються населені пункти, в яких середньорічні ефективні дози опромінення населення перевищують 1 мЗв/рік. У цих регіонах основна доза опромінення організму людини (до 95 %) формується за рахунок внутрішньої складової дози. Внутрішня доза опромінення обумовлена надходженням в організм людини радіоцезію з місцевих продуктів харчування, головним чином молока та м'яса з високою питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  [5 - 7].

Причина високої концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у молоці та м'ясі, що постійно перевищує допустимі рівні (ДР-2006) [8] при невисоких рівнях щільності забруднення (близько 100 кБк/м<sup>2</sup>), полягає в тому, що населення випасає худобу та здійснює заготівлю сіна на неокультурених луках, лісових пасовищах та сінокосах, ґрунти яких представлені рядом торф'яних і торф'яно-болотних відмін,

специфічні фізико-хімічні та агрохімічні властивості яких сприяють аномально високій міграційній здатності та біологічній доступності радіоцезію в системі «ґрунт - лучна рослинність» [5, 9, 10].

Результати вибіркового радіологічного моніторингу показали, що у травні 2017 р. середня питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у молоці корів (середнє  $\pm$  STD, n = 20) населених пунктів Рокитнівського району Рівненської області становила, Бк/л: Старе Село – 199  $\pm$  138, Дроздинь – 301  $\pm$  129, Вежиця – 334  $\pm$  93, Переходичі – 209  $\pm$  42, досягаючи максимальних значень 580, 560, 470 та 323 Бк/л відповідно [11]. Поряд з цим у деяких селах на півночі Рівненської області (Дроздинь, Вежиця, Старе Село, Єльне, Грабунь Рокитнівського району; Великий Черемель та Різкі Дубровицького району) відзначаються випадки перевищення допустимого рівня вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в овочах і картоплі, вирощених на торф'яно-болотних ґрунтах та торф'яниках [7]. Так, зокрема, у 2017 р. максимальна питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у бульбах картоплі в с. Старе Село досягала 113 Бк/кг [11].

З огляду на вищевикладене можна зробити висновок, що існуюча радіоекологічна ситуація в зоні поширення торф'яно-болотних ґрунтів на території Рівненської області без проведення заходів, направлених на зменшення біологічної доступності радіоцезію, лишатиметься складною ще тривалий період часу і потребує проведення постійного радіологічного моніторингу.

Оскільки динаміка радіонуклідного забруднення лучної рослинності визначає рівні забруднення продукції тваринництва [12], установлення

© І. М. Малоштан, С. В. Поліщук, 2018

рівнів забруднення рослинності, значень коефіцієнтів переходу ( $K_{\Pi}$ ) та накопичення ( $K_{\text{H}}$ )  $^{137}\text{Cs}$  та їхньої динаміки на торф'яно-болотних ґрунтах зони Полісся є необхідними для розробки і вдосконалення моделей надходження радіоцезію з ґрунту в рослини.

Виходячи з вищенаведеного, метою даної роботи було встановлення рівнів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  трав'янистими рослинами кормових угідь на торф'яно-болотних ґрунтах Західного Полісся, що використовуються для випасу великої рогатої худоби та заготівлі кормів.

## 2. Об'єкти та методика досліджень

Для встановлення рівнів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  трав'янистими рослинами та параметрів кореневого надходження радіонукліда через 31 рік після аварії на ЧАЕС на торф'яно-болотних ґрунтах у 2017 р. було здійснено закладку 8 пробних площ на території природних та напівприродних угідь, які використовуються для випасу великої рогатої худоби та заготівлі кормів жителями населеного пункту Старе Село Рокитнівського району Рівненської області. Вибір території дослідження був обумовлений такими чинниками: у даному населеному пункті до цього часу отримується сільськогосподарська продукція з рівнями забруднення  $^{137}\text{Cs}$ , вищими за встановлені ДР-2006; у населеному пункті та його околицях у ґрунтовому покриві значну частку займають перезволоженні торф'яно-болотні ґрунти; значення середньорічної ефективної дози опромінення жителів зазначеного населеного пункту згідно з даними останньої дозиметричної паспортизації [13] становить 2,82 мЗв/рік.

Розмір кожної елементарної пробної площі становив 25 м<sup>2</sup>. Спряжені проби фітомаси трав'янистих рослин та ґрунту відбиралися в період активної вегетації, у фазу початку цвітіння – 31.05.2017 р. та наприкінці вегетаційного періоду – 18.10.2017 р.

Відбір проб ґрунту та рослин із пробних площ здійснювався згідно із загальноприйнятими методиками [14 - 16]. Пробовідбір зразків ґрунту та рослин здійснювався в межах ділянки, однорідної за ландшафтною структурою. На території пробної площі методом конверта відбирали 5 одиничних точкових проб ґрунту, з яких формували об'єднану пробу. Відбір зразків рослин здійснювався в місцях відбору ґрунтових проб. З одиничних точкових проб фітомаси рослин формували об'єднану пробу та репрезентативну середню. Для визначення об'ємної маси ґрунту та вертикального розподілу  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтових профілях пробних площ використовували металеві кільця висотою 6,0 см та внутрішнім діаметром 6,8 см.

Вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  в попередньо підготовлених пробах проводилося на гамма-спектрометрі з напівпровідниковим детектором із високочистого германію «GEM-30185» фірми «EG & ORTEC» (США) у поліетиленових ємностях Марінеллі об'ємом 1000 см<sup>3</sup> та у ємностях «Дента» об'ємом 130 см<sup>3</sup>. Похибка вимірювань питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у зразках не перевищувала 20 % ( $P = 0,95$ ).

Коефіцієнт накопичення ( $K_{\text{H}}$ )  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту у фітомасу рослин визначали як відношення питомої активності радіонукліда в рослинах ( $A_{\text{рослин}}$ , Бк/кг) до питомої активності ґрунту ( $A_{\text{ґрунту}}$ , Бк/кг) у перерахунку на суху масу:

$$K_{\text{H}} = A_{\text{рослин}} / A_{\text{ґрунту}} \quad (1)$$

Коефіцієнт переходу ( $K_{\Pi}$ )  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту у фітомасу рослин визначали як відношення питомої активності радіонукліда в рослинах ( $A_{\text{рослин}}$ , Бк/кг) до щільності забруднення ґрунту ( $A_{\text{ґрунту}}$ , кБк/м<sup>2</sup>) у перерахунку на суху масу:

$$K_{\Pi} = A_{\text{рослин}} / A_{\text{ґрунту}} \quad (2)$$

Прогнозовану питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у молоці великої рогатої худоби ( $A_{\text{молока}}$ , Бк/л) розраховували за формулою

$$A_{\text{молока}} = A_{\text{раціон}} \cdot KK / 100, \quad (3)$$

де  $A_{\text{раціон}}$  – сумарна активність  $^{137}\text{Cs}$  у добовому раціоні, Бк;  $KK$  – коефіцієнт концентрації радіонукліда з добового раціону в молоко, %.

При здійсненні прогнозних розрахунків застосовували раціон годівлі корів, що складається з 8 кг на добу сіна лугового різнотрав'я.

Для обробки результатів досліджень використовували стандартні методи статистичного аналізу [17] за допомогою пакета програми MS Excel 2003.

## 3. Результати та їхнє обговорення

Торф'яно-болотні ґрунти пробних площ відносяться до перехідних мезотрофних боліт на водно-льодовикових відкладах із різною потужністю торф'яного шару.

Результати гамма-спектрометрії зразків ґрунту на вміст  $^{137}\text{Cs}$  показали, що питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у відібраних зразках торф'яно-болотних ґрунтів коливається від 180 до 1600 Бк/кг, закладені пробні площі знаходяться в діапазоні щільностей забруднення території  $^{137}\text{Cs}$  від 8,7 до 61,5 кБк/м<sup>2</sup>, що свідчить про нерівномірність забруднення досліджених територій (табл. 1).

Таблиця 1. Питома активність <sup>137</sup>Cs у ґрунтах та щільність забруднення території пробних площ (ПП)

№ ПП	Координати ПП		1-й пробовідбір		2-й пробовідбір	
			Питома активність <sup>137</sup> Cs, Бк/кг	Щільність забруднення території <sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup>	Питома активність <sup>137</sup> Cs, Бк/кг	Щільність забруднення території <sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup>
	Пн.	Сх.				
ПП 1	51°37.078'	27°07.224'	500 ± 60	14,62 ± 1,75	380 ± 40	11,27 ± 1,19
ПП 2	51°37.065'	27°07.201'	410 ± 50	21,65 ± 2,60	560 ± 70	26,85 ± 3,36
ПП 3	51°37.032'	27°07.200'	710 ± 70	46,25 ± 4,53	940 ± 100	59,75 ± 6,36
ПП 4	51°37.164'	27°07.125'	410 ± 40	30,11 ± 2,94	380 ± 40	29,34 ± 3,09
ПП 5	51°37.724'	27°06.434'	340 ± 40	12,71 ± 1,49	310 ± 40	12,47 ± 1,61
ПП 6	51°37.931'	27°07.951'	350 ± 35	21,10 ± 2,11	300 ± 50	18,10 ± 3,01
ПП 7	51°34.454'	27°07.990'	180 ± 20	9,21 ± 1,02	220 ± 30	8,71 ± 1,19
ПП 8	51°36.977'	27°10.902'	1600 ± 150	61,45 ± 5,78	1400 ± 140	58,80 ± 5,88

Локальна неоднорідність забруднення ґрунту в межах кожної пробної площі у різні періоди пробовідбору є наслідком мікронеоднорідності випадень <sup>137</sup>Cs на територію ділянки, обумовленої впливом на локальне осадження радіонукліда місцевих флуктуацій атмосфери, особливостями мікрорельєфу та рослинності, а також наступним

перерозподілом радіонукліда у ґрунті та об'єктах навколишнього середовища [14].

Дані щодо вертикального розподілу питомої активності <sup>137</sup>Cs у 18-см профілі досліджуваних ґрунтів пробних площ із значеннями похибок вимірювання наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Вертикальний розподіл питомої активності <sup>137</sup>Cs у 18-см кореневмісному шарі торф'яно-болотних ґрунтів ПП

№ ПП	Шар ґрунту, см	Питома активність <sup>137</sup> Cs, Бк/кг	Об'ємна маса ґрунту, г/см <sup>3</sup>	% від сумарної активності шару ґрунту 0 - 18 см
ПП 1	0 - 6	760 ± 70	0,141	66,49
	6 - 12	314 ± 30	0,199	27,47
	12 - 18	69 ± 7	0,262	6,04
ПП 2	0 - 6	640 ± 60	0,220	37,87
	6 - 12	700 ± 70	0,280	41,42
	12 - 18	350 ± 40	0,320	20,71
ПП 3	0 - 6	900 ± 100	0,302	31,80
	6 - 12	950 ± 100	0,370	33,57
	12 - 18	980 ± 100	0,381	34,63
ПП 4	0 - 6	350 ± 50	0,338	30,70
	6 - 12	420 ± 50	0,394	36,84
	12 - 18	370 ± 50	0,492	32,46
ПП 5	0 - 6	750 ± 70	0,222	79,54
	6 - 12	118 ± 12	0,211	12,51
	12 - 18	75 ± 10	0,223	7,95
ПП 6	0 - 6	530 ± 60	0,254	59,55
	6 - 12	280 ± 40	0,376	31,46
	12 - 18	80 ± 10	0,374	8,99
ПП 7	0 - 6	480 ± 50	0,241	73,29
	6 - 12	110 ± 11	0,191	16,79
	12 - 18	65 ± 8	0,170	9,92
ПП 8	0 - 6	2800 ± 230	0,237	66,48
	6 - 12	1090 ± 100	0,227	25,88
	12 - 18	322 ± 30	0,216	7,64

Аналіз даних табл. 2 свідчить, що <sup>137</sup>Cs у 18-см шарі ґрунтів експериментальних ділянок розподілений нерівномірно, до цього часу основна частка активності <sup>137</sup>Cs на пробних площах угідь, які не зазнали плужного обробітку, знахо-

диться в найбільш біологічно та ризосферно активному шарі торфу 0 - 6 см (у %): ПП 1 – 66,5, ПП 5 – 79,5, ПП 6 – 59,6, ПП 7 – 73,3, ПП 8 – 66,5 від сумарної активності <sup>137</sup>Cs, депонованої у верхньому 18-см шарі ґрунту.

На ПП 3 та ПП 4 активність  $^{137}\text{Cs}$  розподілена фактично рівномірно по шарах ґрунту – у межах від 30,7 до 36,8 % від загальної активності  $^{137}\text{Cs}$  18-см шару ґрунту, що вказує на неодноразове переорювання даних ділянок при використанні їх населенням в якості площ сільськогосподарського призначення. У профілі ґрунту ПП 2 основна частка активності  $^{137}\text{Cs}$  зосереджена в шарі 6 - 12 см – 41,4 %, у верхньому 0 - 6 см шарі міститься майже подібна активність радіоцезію – 37,9 %. Такий розподіл питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у профілі ґрунту на даній пробній площі вказує на те, що дана територія також переорювалась. Зазначенні особливості розподілу активності  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтах пробних площ мають суттєвий вплив на значення коефіцієнтів накопичення і переходу та рівні накопичення радіоцезію трав'янистою рослинністю досліджених пробних площ. Так, проведення на неполіпшених природних луках сформованих на торфових ґрунтах таких агротехнічних заходів, як звичайна оранка та глибока оранка з обертом скиби, зменшує надходження  $^{137}\text{Cs}$  у травостій у 2,0 - 3,2 та 10 разів

відповідно [9, 18 - 21].

Фітоценози луків, що сформувалися на досліджуваних торф'яно-болотних ґрунтах пробних площ, представлені різними видами трав'янистих рослин. При першому відборі проб фітомаси рослин та торф'яно-болотного ґрунту 31.05.2017 р. в період фази початку цвітіння було ідентифіковано такі домінуючі види вищих судинних покритонасінних трав'янистих рослин: ситник гострий (*Juncus acutus* (L.)); осока гостра (*Carex acuta* (L.)); осока чорна (*Carex nigra* (L.)); осока дерниста (*Carex cespitosa* (L.)); костриця лучна (*Festuca pratensis* (Huds.)) та костриця овеча (*Festuca ovina* (L.)); тонконіг лучний (*Poa pratensis* (L.)); лисохвіст лучний (*Alopecurus pratensis* (L.)); жовтець їдкий (*Ranunculus acris* (L.)); пухівка вузьколиста (*Eriophorum angustifolium* (Honck.)); щавель кінський (*Rumex confertus* (Willd.)) та щавель кислий (*Rumex acetosa* (L.)). Для даних видів рослин було визначено питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у сухій фітомасі та розраховано значення коефіцієнтів накопичення ( $K_H$ ) та переходу ( $K_P$ )  $^{137}\text{Cs}$  (табл. 3).

Таблиця 3. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у сухій фітомасі, значення  $K_H$  та  $K_P$   $^{137}\text{Cs}$  з торф'яно-болотних ґрунтів для видів трав'янистих рослин ПП (31.05.2017 р.)

№ ПП	Вид рослин	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$K_H$ $^{137}\text{Cs}$	$K_P$ $^{137}\text{Cs}$
ПП 1	Щавель кислий ( <i>Rumex acetosa</i> (L.))	2600 ± 230	5,20 ± 0,78	177,8 ± 26,5
	Костриця лучна ( <i>Festuca pratensis</i> (Huds.))	2300 ± 320	4,60 ± 0,85	157,3 ± 28,9
	Тонконіг лучний ( <i>Poa pratensis</i> (L.))	1100 ± 110	2,20 ± 0,34	75,2 ± 11,7
	Осока чорна ( <i>Carex nigra</i> (L.))	1000 ± 90	2,00 ± 0,30	68,4 ± 10,3
	Осока гостра ( <i>Carex acuta</i> (L.))	950 ± 100	1,90 ± 0,30	65,0 ± 10,4
	Ситник гострий ( <i>Juncus acutus</i> (L.))	350 ± 40	0,70 ± 0,12	23,9 ± 4,0
ПП 2	Щавель кінський ( <i>Rumex confertus</i> (Willd.))	1450 ± 140	3,54 ± 0,55	67,0 ± 10,4
	Костриця лучна ( <i>Festuca pratensis</i> (Huds.))	910 ± 80	2,22 ± 0,33	42,0 ± 6,3
	Щавель кислий ( <i>Rumex acetosa</i> (L.))	810 ± 90	1,98 ± 0,33	37,4 ± 6,2
	Лисохвіст лучний ( <i>Alopecurus pratensis</i> (L.))	800 ± 90	1,95 ± 0,32	37,0 ± 6,1
	Ситник гострий ( <i>Juncus acutus</i> (L.))	300 ± 60	0,73 ± 0,17	13,9 ± 3,3
	Жовтець їдкий ( <i>Ranunculus acris</i> (L.))	260 ± 30	0,63 ± 0,11	12,0 ± 2,0
ПП 3	Осока гостра ( <i>Carex acuta</i> (L.))	130 ± 20	0,32 ± 0,06	6,0 ± 1,2
	Щавель кислий ( <i>Rumex acetosa</i> (L.))	1700 ± 170	2,39 ± 0,34	36,8 ± 5,2
	Тонконіг лучний ( <i>Poa pratensis</i> (L.))	1340 ± 150	1,89 ± 0,28	29,0 ± 4,3
	Костриця лучна ( <i>Festuca pratensis</i> (Huds.))	970 ± 100	1,37 ± 0,20	21,0 ± 3,0
	Костриця овеча ( <i>Festuca ovina</i> (L.))	900 ± 90	1,27 ± 0,18	19,5 ± 2,7
	Лисохвіст лучний ( <i>Alopecurus pratensis</i> (L.))	890 ± 120	1,25 ± 0,21	19,2 ± 3,2
	Ситник гострий ( <i>Juncus acutus</i> (L.))	520 ± 35	0,73 ± 0,09	11,2 ± 1,3
ПП 4	Жовтець їдкий ( <i>Ranunculus acris</i> (L.))	170 ± 60	0,24 ± 0,09	3,7 ± 1,4
	Ситник гострий ( <i>Juncus acutus</i> (L.))	110 ± 15	0,27 ± 0,05	3,7 ± 0,6
	Осока гостра ( <i>Carex acuta</i> (L.))	57 ± 15	0,14 ± 0,04	1,9 ± 0,5
ПП 5	Жовтець їдкий ( <i>Ranunculus acris</i> (L.))	34 ± 14	0,08 ± 0,03	1,1 ± 0,5
	Тонконіг лучний ( <i>Poa pratensis</i> (L.))	1100 ± 110	3,24 ± 0,50	86,5 ± 13,4
	Осока дерниста ( <i>Carex cespitosa</i> (L.))	1000 ± 100	2,94 ± 0,45	78,7 ± 12,2
	Жовтець їдкий ( <i>Ranunculus acris</i> (L.))	800 ± 120	2,35 ± 0,45	62,9 ± 12,0
	Осока гостра ( <i>Carex nigra</i> (L.))	680 ± 70	2,00 ± 0,31	53,5 ± 8,4
	Ситник гострий ( <i>Juncus acutus</i> (L.))	340 ± 40	1,00 ± 0,17	26,8 ± 4,5

№ ПП	Вид рослин	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$K_H$ $^{137}\text{Cs}$	$K_P$ $^{137}\text{Cs}$
ПП 6	Осока гостра ( <i>Carex acuta</i> (L.))	1200 ± 110	3,43 ± 0,47	56,9 ± 7,7
ПП 7	Костриця лучна ( <i>Festuca pratensis</i> (Huds.))	340 ± 40	1,89 ± 0,31	36,9 ± 6,0
	Ситник гострий ( <i>Juncus acutus</i> (L.))	280 ± 30	1,56 ± 0,24	30,4 ± 4,7
ПП 8	Пухівка вузьколиста ( <i>Eriophorum angustifolium</i> (Honck.))	3000 ± 200	1,88 ± 0,22	48,8 ± 5,6
	Ситник гострий ( <i>Juncus acutus</i> (L.))	2200 ± 200	1,38 ± 0,18	35,8 ± 4,7

Аналіз даних табл. 3 показує, що діапазон значень параметрів біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  ( $K_P$ ,  $K_H$ ) із 18-см шару торф'яно-болотного ґрунту для восьми досліджених пробних площ у представницькі види трав'янистих рослин знаходиться у широких межах: значення  $K_H$  коливаються від 0,08 (ПП 4) до 5,2 (ПП 1), значення  $K_P$  відповідно від 1,1 до 177,8. Розкид значень  $K_H$  та  $K_P$   $^{137}\text{Cs}$  залежить від виду рослин і досягає 7,4 раза на ПП 1, понад 11 разів на ПП 2, близько 10 разів на ПП 3, варіація значень даних показників на ПП 4 та ПП 5 становить близько 3 разів; найменший розкид параметрів  $K_P$  і  $K_H$   $^{137}\text{Cs}$  відзначається на ПП 7 і ПП 8 в 1,2 та 1,3 раза відповідно, що обумовлено наявністю лише двох видів трав. При цьому найвищі значення  $K_H$  та  $K_P$   $^{137}\text{Cs}$  на пробних площах властиві видам щавлю (*Rumex acetosa* (L.) та *Rumex confertus* (Willd.)). Високі значення  $K_H$  і  $K_P$  також характерні для домінуючих у травостоях представників дикорослих злакових трав *Festuca pratensis* (Huds.), *Poa pratensis* (L.) та осок *Carex nigra* (L.), *Carex acuta* (L.), *Carex cespitosa* (L.).

Відмінності  $K_H$  і  $K_P$   $^{137}\text{Cs}$  для одного виду рослин на різних пробних площах обумовлені ком-

плексним впливом ряду факторів: наявності шару дернини різної потужності на пробних площах, що не зазнали агротехнічного обробітку; різним розподілом  $^{137}\text{Cs}$  у кореневмісних шарах ґрунту на ПП 2, ПП 3, ПП 4; збагаченням кореневмісного шару ґрунту мінеральною складовою підстилаючої породи внаслідок оранки; різним режимом зволоження ґрунту.

Другий відбір зразків проб фітомаси рослин та торф'яно-болотних ґрунтів пробних площ був здійснений 18.10.2017 р. наприкінці вегетаційного періоду. Унаслідок заготівлі населенням на даних угіддях зелених кормів, сіна, випасу свійських тварин та закінчення активних фаз вегетації трав'янистих рослин за характерними візуальними ознаками чітко ідентифікувати можна було тільки ситник гострий, усі інші трав'яністі рослини розглядалися в сукупності, як лугове різнотрав'я. Для порівняння зміни величин  $K_P$  і  $K_H$  та питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у сухій фітомасі в різні періоди вегетації та фази розвитку трав'янистих рослин у табл. 4 представлено усередненні значення даних показників для ситника гострого та лугового різнотрав'я для першого та другого пробовідборів.

Таблиця 4. Значення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  та параметри біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  ( $K_H$ ,  $K_P$ ) для лугового різнотрав'я та ситника гострого з торф'яно-болотних ґрунтів ПП

№ ПП	Вид рослинного зразку	1-й пробовідбір			2-й пробовідбір		
		Питома активність $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$K_H$ $^{137}\text{Cs}$	$K_P$ $^{137}\text{Cs}$	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$K_H$ $^{137}\text{Cs}$	$K_P$ $^{137}\text{Cs}$
ПП 1	Ситник гострий	350 ± 40*	0,7 ± 0,1	23,9 ± 4,0	600 ± 70*	1,6 ± 0,3	53,2 ± 8,4
	Різнотрав'я	1590 ± 170	3,2 ± 0,5	108,8 ± 17,5	1240 ± 110	3,3 ± 0,5	110,0 ± 15,2
ПП 2	Ситник гострий	300 ± 60*	0,7 ± 0,2	13,9 ± 3,3	550 ± 70*	1,0 ± 0,2	20,5 ± 3,7
	Різнотрав'я	730 ± 150*	1,8 ± 0,4	33,6 ± 8,0	1200 ± 110*	2,1 ± 0,3	44,7 ± 6,9
ПП 3	Ситник гострий	520 ± 35*	0,7 ± 0,1	11,2 ± 1,3	820 ± 80*	0,9 ± 0,1	13,7 ± 2,0
	Різнотрав'я	1000 ± 150*	1,4 ± 0,3	21,5 ± 3,9	1600 ± 140*	1,7 ± 0,2	26,8 ± 3,7
ПП 4	Ситник гострий	110 ± 15	0,3 ± 0,1	3,7 ± 0,6	120 ± 20	0,3 ± 0,1	4,1 ± 0,8
	Різнотрав'я	45 ± 20*	0,1 ± 0,05	1,5 ± 0,7	70 ± 20*	0,2 ± 0,06	2,4 ± 0,7
ПП 5	Ситник гострий	340 ± 40	1,0 ± 0,2	26,8 ± 4,5	360 ± 40	1,2 ± 0,2	28,9 ± 4,9
	Різнотрав'я	895 ± 100	2,6 ± 0,4	70,4 ± 11,4	740 ± 70	2,4 ± 0,4	59,3 ± 9,5
ПП 6	Різнотрав'я	1200 ± 110	3,4 ± 0,5	56,9 ± 7,7	880 ± 80	2,9 ± 0,5	48,6 ± 9,2
ПП 7	Ситник гострий	280 ± 30*	1,5 ± 0,2	30,4 ± 4,7	430 ± 40*	2,0 ± 0,3	49,3 ± 8,1
	Різнотрав'я	340 ± 40*	1,9 ± 0,3	36,9 ± 6,0	570 ± 60*	2,6 ± 0,4	65,4 ± 11,3
ПП 8	Ситник гострий	2200 ± 200*	1,4 ± 0,2	35,8 ± 4,7	2700 ± 240*	1,9 ± 0,3	45,9 ± 6,1
	Різнотрав'я	3000 ± 200	1,9 ± 0,2	48,8 ± 5,6	2100 ± 190	1,5 ± 0,2	35,7 ± 4,8

\* Статистично достовірні відмінності (довірча ймовірність 95 %).

Накопичення радіонуклідів лучною рослинністю тісно пов'язане з проходженням певних фаз розвитку рослин. У сніні другого укосу багатьох видів трав питома активність <sup>137</sup>Cs є суттєво вищою в порівнянні з першими укосом, що пояснюється різницею у процесах надходження кореневим шляхом мінеральних елементів та їхнім використанням у процесах біосинтезу [22 - 24].

Аналіз результатів табл. 4 свідчить про те, що наприкінці вегетаційного періоду, під час осіннього відростання, у ситника гострого (*Juncus acutus* (L.)) відзначається максимальний рівень накопичення <sup>137</sup>Cs на всіх пробних площах. Питома активність <sup>137</sup>Cs у його фітомасі збільшилася в порівнянні з першим пробовідбором від 1,1 раза на ПП 5 до 1,8 раза на ПП 2. Для лугового різнотрав'я подібна тенденція виражена на ПП 2, ПП 3, ПП 4 та ПП 7, на яких збільшення середніх значень питомої активності <sup>137</sup>Cs у фітомасі лугового різнотрав'я становило близько 1,6 раза.

На цілих угоддях ПП 1, ПП 5, ПП 6 та ПП 8 спостерігалось зниження надходження <sup>137</sup>Cs у фітомасу лугового різнотрав'я наприкінці вегетаційного періоду в 1,2 - 1,4 раза в порівнянні з рівнями накопичення в період фази початку цвітіння рослин.

Зелені корми та сіно є основою раціону годівлі великої рогатої худоби, споживання дійною короною сіна у середньому становить 8 кг на добу [25]. При одержанні молока великої рогатої худоби за низьких рівнів продуктивності корів (8 - 12 л добового надоя) та якості кормів на неполіпшених природних та напівприродних угоддях коефіцієнт концентрації <sup>137</sup>Cs в молоко досягає 1 % від сумарної активності добового раціону [9, 25].

На основі даних питомої активності <sup>137</sup>Cs у сухій фітомасі лугового різнотрав'я було розраховано прогнозний вміст <sup>137</sup>Cs у молоці корів (табл. 5).

**Таблиця 5. Прогнозована питома активність <sup>137</sup>Cs у молоці корів при використанні в якості корму сіна лугового різнотрав'я, заготовленого у місцях розташування ПП на території природних та напівприродних кормових угідь**

№ ПП	Активність добового раціону, <sup>137</sup> Cs, Бк	Прогнозована питома активність <sup>137</sup> Cs у молоці, Бк/л	Активність добового раціону, <sup>137</sup> Cs, Бк	Прогнозована питома активність <sup>137</sup> Cs у молоці, Бк/л
	1-й пробовідбір		2-й пробовідбір	
ПП 1	12720 ± 1360	127 ± 14	9920 ± 880	99 ± 9
ПП 2	5840 ± 1200	58 ± 12	9600 ± 880	96 ± 9
ПП 3	8000 ± 1200	80 ± 12	12800 ± 1120	128 ± 11
ПП 4	360 ± 160	4 ± 2	560 ± 160	5 ± 2
ПП 5	7160 ± 800	72 ± 8	5920 ± 560	59 ± 6
ПП 6	9600 ± 880	96 ± 9	7040 ± 640	70 ± 6
ПП 7	2720 ± 320	27 ± 3	4560 ± 480	46 ± 5
ПП 8	24000 ± 1600	240 ± 16	16800 ± 1520	168 ± 15

Отримані прогнозні оцінки вказують на високу вірогідність отримання молока, забрудненого <sup>137</sup>Cs вище допустимого рівня (ДР-2006) на половині обстежених угідь. У випадку використання для випасу худоби та заготівлі сіна території урочища Лебідь (ПП 8) вірогідність отримання молока з питомою активністю <sup>137</sup>Cs вище ДР-2006 становить 100 %, що повністю підтверджується експериментальними моніторинговими даними [11].

#### 4. Висновки

До цього часу в торф'яно-болотних ґрунтах угідь, які не зазнали плужного обробітку, від 60 до 80 % сумарної активності <sup>137</sup>Cs знаходиться у верхньому найбільш біологічно та ризосферно активному 6-см шарі торфу.

Найвищі значення  $K_n$  та  $K_p$  <sup>137</sup>Cs на пробних площах властиві видам щавлю (*Rumex acetosa* (L.) та *Rumex confertus* (Willd.)) і домінуючим у травостоях представникам дикорослих злакових трав *Festuca pratensis* (Huds.), *Poa pratensis* (L.) та осок *Carex nigra* (L.), *Carex acuta* (L.), *Carex cespitosa* (L.).

Наприкінці вегетаційного періоду відзначено зростання рівнів накопичення <sup>137</sup>Cs фітомасою рослин: в 1,6 раза для лугового різнотрав'я та до 1,8 раза для ситника гострого (*Juncus acutus* (L.)).

Високі рівні вмісту <sup>137</sup>Cs у лучній трав'янистій рослинності та молоці в регіоні поширення торф'яно-болотних ґрунтів на території Рівненської області свідчать про те, що без застосування контрзаходів існуюча радіоекологічна ситуація зберігатиметься ще тривалий час.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.А. Кашпаров, Н.М. Лазарев, С.В. Полищук. Проблемы сельскохозяйственной радиологии в Украине на современном этапе. *Агроэкологический журнал* 3 (2005) 31.
2. В.О. Кашпаров, С.В. Полищук, Л.М. Отрешко. Радиологичні 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* 2(38) (2011) 13.
3. О.І. Насвіт. *Політика України щодо подолання наслідків Чорнобильської катастрофи: історія формування, проблеми реалізації та перспективи підвищення її ефективності: аналітична доповідь* (К.: НІСД, 2016) 45 с.
4. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» від 27.02.1991 № 791а-ХІІ.
5. І.М. Малоштан та ін. Динаміка коефіцієнтів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  трав'янистими рослинами на торф'яно-болотних ґрунтах з аномально високою біологічною доступністю. *Ядерна фізика та енергетика* 16(3) (2015) 263.
6. С.С. Левчук, М.М. Лазарев, В.В. Павлюченко. Сучасний стан із забрудненням  $^{137}\text{Cs}$  молока корів у північних регіонах України. *Ядерна фізика та енергетика* 17(1) (2016) 69.
7. I. Maloshtan et al. Assessment of radiological efficiency of countermeasures on peat-bog soils of Ukrainian Polissya. *Journal of Environmental Radioactivity* 175-176 (2017) 52.
8. Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді», ГН 6.6.1.1-130-2006.
9. Б.С. Пристер (ред.). *Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддалений період. Методичні рекомендації*. (К.: Атіка-Н, 2007) 196 с.
10. В.П. Краснов и др. *Прикладная радиоэкология леса*. Под ред. В.П. Краснова (Житомир: Полісся, 2007) 680 с.
11. <http://www.ujar.org.ua/Ukr/index.htm>
12. Б.С. Пристер. Радиоекологические закономерности динамики радиационной обстановки в сельском хозяйстве Украины после аварии на ЧАЭС. *Агроэкологический журнал* 3 (2005) 13.
13. І.А. Ліхтарьов та ін. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ моніторингу у населених пунктах, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської катастрофи. Дані за 2012 р. *Збірка* 15 (К., 2013) 33 с.
14. Ю.В. Хомутінін, В.О. Кашпаров, К.І. Жебровська. *Оптимізація відбору і вимірювання проб при радіоекологічному моніторингу* (К., 2002) 160 с.
15. СОУ 74.14-37-425:2006 *Якість ґрунту. Методи відбору проб ґрунту для радіаційного контролю* (К.: Мінагрополітики України, 2006) 15 с.
16. СОУ 01.1-37-426: 2006. *Якість продукції рослинництва. Методи відбору проб для радіаційного контролю* (К.: Мінагрополітики України, 2006) 19 с.
17. І.І. Горбань. *Теорія ймовірностей і математична статистика для наукових працівників та інженерів* (К.: ІПММС НАН України, 2003) 244 с.
18. Б.С. Пристер, Г.П. Перепелятников, М.И. Ильин. Актуальные проблемы кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения территории. *Проблемы сельскохозяйственной радиологии* 2 (1992) 71.
19. М.И. Ильин, Г.П. Перепелятников. Миграция радионуклидов в агроценозах Полесья Украины, расположенных на торфяных почвах. *Проблемы сельскохозяйственной радиологии* 3 (1993) 97.
20. Г.П. Перепелятников, Н.П. Омеляненко, Л.В. Перепелятникова. Некоторые вопросы технологии кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения. *Проблемы сельскохозяйственной радиологии* 3 (1993) 115.
21. *Руководство по применению контрмер в сельском хозяйстве в случае аварийного выброса радионуклидов в окружающую среду. IAEA-TECDOC-745* (Вена: МАГАТЭ, 1994) 104 с.
22. А.В. Петербургский. *Обменное поглощение в почве и усвоение растениями питательных веществ* (М.: Высш. шк., 1959) 251 с.
23. Т.В. Шалаева. Радиоекологическая характеристика основных компонентов растительного покрова лугов и пастбищ. *Изв. АН Латв. ССР* 11 (1971) 41.
24. Б.С. Пристер и др. *Основы сельскохозяйственной радиологии* (К.: Урожай, 1991) 472 с.
25. М.М. Карпусь та ін. *Деталізована поживність кормів та раціони годівлі корів у зоні радіоактивного забруднення Полісся України* (Житомир: Тетерів, 1994) 288 с.

**И. М. Малоштан\*, С. В. Полищук**

*Украинский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии  
Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина*

\*Ответственный автор: radiometry@quality.ua

**НАКОПЛЕНИЕ  $^{137}\text{Cs}$  ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ  
НА ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ**

Изучены уровни накопления  $^{137}\text{Cs}$  травянистой растительностью через 31 год после аварии на ЧАЭС на торфяно-болотных почвах угодий населенного пункта Старое Село Рокитновского района Ровненской области. Представлены данные плотности загрязнения территорий и вертикального распределения  $^{137}\text{Cs}$  в профилях почв. Установлены значения коэффициентов накопления и перехода  $^{137}\text{Cs}$  из торфяно-болотной почвы для доминирующих видов травянистых растений. Показаны отличия в накоплении  $^{137}\text{Cs}$  травянистыми растениями в зависимости от фазы развития растения и вегетационного периода. Получены прогнозные оценки уровней загрязнения молока  $^{137}\text{Cs}$  при использовании в качестве кормов лугового разнотравья территории исследуемых кормовых угодий.

*Ключевые слова:*  $^{137}\text{Cs}$ , коэффициент накопления, коэффициент перехода, удельная активность, торфяно-болотные почвы, авария на ЧАЭС.

**I. M. Maloshtan\*, S. V. Polishchuk**

*Ukrainian Institute of Agricultural Radiology  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

\*Corresponding author: radiometry@quality.ua

**ACCUMULATION OF  $^{137}\text{Cs}$  BY HERBACEOUS PLANTS  
ON PEAT-BOG SOILS IN THE WEST POLISSYA OF UKRAINE**

Levels of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation by herbaceous plants on peat-bog soils lands of the Stare Selo settlement of Rokytne district of Rivne region were investigated 31 years after the Chernobyl accident. Data on terrestrial contamination density with  $^{137}\text{Cs}$  and vertical distribution of  $^{137}\text{Cs}$  in soil profiles are presented.  $^{137}\text{Cs}$  accumulation coefficients and transfer factors from peat-bog soils to dominant species of herbaceous plants were determined. Differences of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation by herbaceous plants depending on the development stage and vegetative period were revealed. Forecast of milk contamination with  $^{137}\text{Cs}$  was made under the application of meadow grasslands as the feed on the investigated territory of fodder lands.

*Keywords:*  $^{137}\text{Cs}$ , accumulation coefficient, transfer factor, specific activity, peat-bog soils, Chernobyl accident.

REFERENCES

1. V.A. Kashparov N.M. Lazarev, S.V. Polishchuk. Problems of agricultural radiology in Ukraine at present. *Agroekologichnyi Zhurnal* 3 (2005) 31. (Rus)
2. V.O. Kashparov, S.V. Polishchuk, L.M. Otreshko. Radiological problems of conducting agricultural production on the territory of Ukraine, contaminated because of the Chernobyl disaster. *Chornobyl's'kyi Naukovyi Visnyk. Byuletyn' Ekologichnogo Stanu Zony Vidchuzhennya ta Zony Bezumovnogo (Obov'yazkovogo) Vidselelnya* 2(38) (2011) 13. (Ukr)
3. O.I. Nasvit. *The policy of Ukraine on overcoming the consequences of the Chernobyl disaster: the history of formation, the problems of implementation and the prospects for improving its effectiveness: an analytical report* (Kyiv: National Institute for Strategic Studies, 2016) 45 p. (Ukr)
4. The Law of Ukraine "On the legal regime of the territory exposed to radioactive contamination because of the Chernobyl disaster" dated on 27.02.1991 No. 791a-XII. (Ukr)
5. I. M. Maloshtan. Dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation by herbaceous plants on peat-bog soils with abnormally high bioavailability. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 16(3) (2015) 263. (Ukr)
6. S.E. Levchuk, M.M. Lazarev, V.V. Pavliuchenko. Current state of  $^{137}\text{Cs}$  contamination of cow milk in the northern regions of Ukraine. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 17(1) (2016) 69. (Ukr)
7. I. Maloshtan et al. Assessment of radiological efficiency of countermeasures on peat-bog soils of Ukrainian Polissya. *Journal of Environmental Radioactivity* 175-176 (2017) 52.
8. State Hygienic Norms "Permissible Levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  Radionuclides in Food and Drinking Water", ГН 6.6.1.1-130-2006. (Ukr)
9. B.S. Prister (ed.). *The Agricultural Production in the Territories Contaminated Because of the Chernobyl Disaster in the Remote Period. Guidelines* (Kyiv: Atika-N, 2007) 196 p. (Ukr)
10. V.P. Krasnov et al. *Applied Radioecology of the Forest*. Ed. V.P. Krasnov (Zhytomyr: Polissya, 2007) 680 p. (Rus)



11. <http://www.uiar.org.ua/Ukr/index.htm>
12. B.S. Prister. Radioecological regularities of the radiation situation dynamics in Ukraine's agriculture after the Chernobyl accident. *Agroekologichnyi Zhurnal* 3 (2005) 13. (Rus)
13. I.A. Likhtarov et al. General dosimetric passportization and the results of human radiation counters monitoring in populated areas exposed to radioactive contamination after the Chernobyl disaster. *Data for the 2012. Collection 15* (Kyiv, 2013) 33 p. (Ukr)
14. Yu.V. Khomutinin, V.O. Kashparov, K.I. Zhebrovska. *Optimization of Sampling and Measurement of Samples During Radioecological Monitoring* (Kyiv, 2002) 160 p. (Ukr)
15. Standard of organization 74.14-37-425:2006 Soil quality. Methods for sampling soil for radiation monitoring (Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006) 15 p. (Ukr)
16. Standard of organization 01.1-37-426: 2006 Quality of crop production. Sampling methods for radiation monitoring (Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006) 19 p. (Ukr)
17. I.I. Gorban. *Probability Theory and Mathematical Statistics for Scientists and Engineers* (Kyiv: Institute of Mathematical Machines and Systems Problems, 2003) 244 p. (Ukr)
18. B.S. Prister, G.P. Perepelyatnikov, M.I. Ilin. Actual problems of fodder production in conditions of radioactive contamination of the territory. *Problemy Selskokhozyajstvennoj Radiologii* 2 (1992) 71. (Rus)
19. M.I. Ilin, G.P. Perepelyatnikov. Migration of radionuclides in agrocoenoses of Polissya of Ukraine located on peat soils. *Problemy Selskokhozyajstvennoj Radiologii* 3 (1993) 97. (Rus)
20. G.P. Perepelyatnikov, N.P. Omelyanenko, L.V. Perepelyatnikova. Some issues of fodder production technology in the context of radioactive contamination. *Problemy Selskokhozyajstvennoj Radiologii* 3 (1993) 115. (Rus)
21. [Guidance on the use of countermeasures in agriculture in the event of an accidental release of radionuclides into the environment. IAEA-TECDOC-745](#) (Wien, IAEA, 1994) 104 p. (Rus)
22. A.V. Peterburgskij. *Exchange Absorption in Soil and Plant Nutrient Absorption* (Moskva: Vysshaya shkola, 1959) 251 p. (Rus)
23. T.V. Shalaeva. Radioecological characteristics of the main components of the vegetation cover of meadows and pastures, *Izvestiya Academy of Sciences of the Latvian SSR* 11 (1971) 41. (Rus)
24. B.S. Prister. *Fundamentals of Agricultural Radiology* (Kyiv: Urozhaj, 1991) 472 p. (Rus)
25. M.M. Karpus et al. *Detailed Nutrition of Feed and Diets for Feeding Cows in the Zone of Radioactive Contamination of Ukrainian Polissya* (Zhytomyr: Teteriv, 1994) 288 p. (Ukr)

Надійшла 19.02.2018

Received 19.02.2018