

**І. М. Малоштан, С. В. Поліщук**

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

## РАДІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ КОНТРЗАХОДІВ НА ТОРФ'ЯНО-БОЛОТНИХ ГРУНТАХ

В умовах лабораторних вегетаційних дослідів встановлено показники радіологічної ефективності таких контрзаходів, як піскування, внесення фероцину та фероцин-бентонітового сорбенту, на торф'яно-болотних ґрунтах Рокитнівського району Рівненської області, які характеризуються аномально високими коефіцієнтами переходу  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослини. Показано ефективність апробованих контрзаходів протягом 26 місяців вегетації.

*Ключові слова:*  $^{137}\text{Cs}$ , контрзаходи, радіологічна ефективність, торф'яно-болотні ґрунти, Чорнобильська аварія.

### Вступ

На теперішній час на території 25 найбільш критичних населених пунктів північно-західного Полісся України (північні райони Рівненської та Житомирської областей) населення отримує опромінення, середньорічні ефективні дози якого перевищують 1 мЗв/рік [1]. Основна частка дози опромінення (до 95 %) формується за рахунок споживання молока, яке не відповідає вимогам ДР-2006 за вмістом  $^{137}\text{Cs}$  і виробляється в особистих підсобних господарствах [2 - 4]. Основна причина цього полягає в тому, що для випасу тварин та заготівлі сіна використовуються забруднені радіонуклідами угіддя на торф'яно-болотних ґрунтах з аномально високими коефіцієнтами переходу  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослини.

Для даного регіону досить актуальною проблемою залишається мінімізація вмісту радіонуклідів у місцевій сільськогосподарській продукції, оскільки протирадіаційні контрзаходи, які рекомендовані та частково проводилися в перші роки після аварії на ЧАЕС у громадському секторі, у приватному виконувалися обмежено, а зараз не застосовуються зовсім.

В якості основних контрзаходів для зниження надходження  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослинницьку продукцію, як правило, рекомендується вапнування та використання підвищених доз мінеральних добрив, головним чином калійних [5 - 7].

Реалізація даних радіозахисних агрохімічних прийомів не завжди була доцільною з економічної та екологічної точок зору, особливо при їхньому надмірному внесенні. Відомо, що на бідних ґрунтах Полісся не вистачає багатьох біологічно важливих мікроелементів, зокрема йоду, цинку, кобальту, фтору, міді та марганцю. Це зумовлює прояв специфічних ензоотичних захворювань рослин, тварин і людини, відомих під загальною назвою гіпомікроелементозів. Застосування вапнування ґрунту та внесення підвищених норм фосфорних добрив призводить до зв'язування

мікроелементів та переходу їх у важкодоступний для рослин стан [8].

В останні 15 - 20 років у зв'язку з багатократним зменшенням в Україні фінансування проведення заходів, спрямованих на зниження біологічної доступності радіонуклідів із ґрунту в рослини, загострюється проблема радіонуклідного забруднення сільськогосподарської продукції. З початку 2000 р. обсяги проведення контрзаходів у сільськогосподарському виробництві України зменшилися настільки, що практично не впливають на покращання радіологічної обстановки [9].

На сучасному етапі основними критеріями, яким мають відповідати протирадіаційні заходи, є висока радіологічна ефективність та тривалість при одноразовому застосуванні, невисока собівартість, соціальна прийнятність та відсутність або мінімальна шкода для території і в цілому екосистеми.

Використання в якості контрзаходів для зменшення переходу  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослини внесення піску, глинистих мінералів та фероціанідних сорбентів частково було апробовано, проте так і не набуло широкого впровадження, незважаючи на добрі показники радіологічної ефективності, екологічності та стійкості до дії ґрунтово-кліматичних факторів у порівнянні з використанням мінеральних добрив [10, 11].

Виходячи з вищенаведеного, дана робота присвячена встановленню радіологічної ефективності нетрадиційних контрзаходів з тривалим часом дії, спрямованих на зниження біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  на торф'яно-болотних ґрунтах.

### Об'єкти та методика досліджень

Об'єктами дослідження є компоненти біоценозу на торф'яно-болотних ґрунтах, що знаходяться на радіоактивно забруднених природних угіддях Полісся України, та набір контрзаходів, спрямованих на зниження біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$ .

З метою встановлення радіологічної ефективності контрзаходів на торф'яно-болотних ґрунтах у контрольованих лабораторних умовах було здійснено закладку ряду довготривалих ґрунтових вегетаційних дослідів.

Для закладки модельних експериментів було відібрано зразки торф'яно-болотних ґрунтів із болотних масивів поблизу двох критичних у радіологічному відношенні населених пунктів - с. Вежиця (урочище Гало, Пн 51.5752°, Сх. 27.1309°, ґрунт № 1) та с. Єльне (урочище Гнойне, Пн 51.4847°, Сх. 27.0629°, ґрунт № 2) Рокитнівського району Рівненської області. Відбір зразків ґрунту здійснювали згідно з загальноприйнятими методиками [12, 13] (див. нижче).

Вибір територій для відбору ґрунтів поблизу даних населених пунктів був обумовлений такими чинниками:

1) дані ґрунти є репрезентативними для території північно-західного Полісся України, а ґрунтово-кліматичні умови території сприятливі для максимальної біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  завдяки наявності значної частки перезволожених торф'яно-болотних ґрунтів, для яких властиві аномально високі значення коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  у природну трав'янисту рослинність [14, 15];

2) у даних населених пунктах до цього часу отримується сільськогосподарська продукція, рівні забруднення якої вищі за встановлені ДР-2006 [2 - 4];

3) значення середньорічних ефективних доз опромінення населення сіл Вежиця та Єльне перевищують установлений НРБУ-97 ліміт у  $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$  та становлять відповідно  $2,18$  і  $2,74 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$  [1].

Відбір верхнього 20-сантиметрового кореневмісного шару ґрунтів здійснювали за допомогою штикової лопати з площі  $1,5 \text{ м}^2$ .

За допомогою стандартних методів досліджень було визначено фізико-хімічні та агрохімічні властивості [16], вміст  $^{137}\text{Cs}$  чорнобильських випадів і його розподіл у 20-сантиметровому профілі для кожного з відібраних зразків ґрунтів.

Дослідження вертикального розподілу  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтових профілях полягало в пошаровому відборі зразків у ґрунтовому моноліті з кроком  $2 \text{ см}$  з наступним гамма-спектрометричним аналізом на вміст  $^{137}\text{Cs}$  в кожному шарі торфу.

Для закладки вегетаційних дослідів у відбраному ґрунті видаляли чужорідні домішки і коріння рослин та ретельно перемішували. Гомогенність розподілу  $^{137}\text{Cs}$  підтверджена результатами гамма-спектрометрії 10 зразків для кожного з ґрунтів. Коефіцієнт варіації середнього арифметичного значення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  не перевищував  $10\%$ . Після цього здійснювали

набивку вегетаційних посудин та одночасний висів насіння модельної рослини у ґрунт як із варіантами контрзаходів, так і в контролі.

Досліди складались із 4 варіантів у 3-кратній повторності. Для зниження біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  було запропоновано такі контрзаходи: піскування з розрахунку  $200 \text{ т/га}$ , внесення фероцин-бентонітового сорбенту (вміст  $\text{Fe(II)}$   $2,9 - 4,5\%$ ,  $\text{Fe(III)}$   $3,9 - 7,6\%$ ,  $\text{K}$   $2,4 - 4,2\%$ ) у дозі  $100 \text{ т/га}$  та внесення фероцину  $0,2 \text{ т/га}$ . Привнесення даних меліорантів здійснювали у верхній 5-сантиметровий шар торфу. В якості модельної рослини використано ситник гострий (*Juncus acutus* L.) – невибагливу до ґрунтових та кліматичних умов багаторічну трав'янисту рослину, яка характеризується високими значеннями коефіцієнтів переходу і накопичення  $^{137}\text{Cs}$  та широко розповсюджена на торф'яно-болотних ґрунтах.

Полив рослин та підтримку постійної вологості протягом усього експерименту здійснювався дистильованою водою (з метою запобігання самовільного процесу вапнування за рахунок жорсткої водопровідної води).

Тривалість модельних дослідів становила 30 місяців, зріз фітомаси рослин проводили після закінчення фази активного росту.

Перший збір рослин відбувся через 122 доби ( $t = 0,33$  роки) після закладки експерименту 21 грудня 2012 р. Фітомасу ситника гострого у вегетаційних посудинах зрізували на висоті  $1,5 \text{ см}$  від поверхні субстрату, після чого подрібнювали ножицями й переносили в термостійкі стакани об'ємом  $100 - 250 \text{ мл}$  залежно від маси зразка та сушили в сушильній шафі при температурі  $105 \pm 1^\circ \text{C}$  протягом доби. Після цього зважували, заливали розчином концентрованої азотної кислоти та проводили мокре озолення зразків із додаванням перекису водню. У подальшому з кислотного розчину проби відбирали аліквоту (або використовували весь розчин) та проводили гамма-спектрометрію  $^{137}\text{Cs}$ .

Питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтових та рослинних пробах визначали у трьох повторностях на гамма-спектрометрі з напівпровідниковим детектором із високочистого германію GEM-30185 та багатоканальним аналізатором ADCAM-300 ("EG&G ORTEC", USA) у посудинах Марінееллі об'ємом  $1000 \text{ см}^3$ , посудинах «Дента» об'ємом  $130 \text{ см}^3$  та поліетиленових циліндричних посудинах об'ємом  $18 \text{ см}^3$  залежно від об'єму проби. Похибка вимірювання активності  $^{137}\text{Cs}$  у зразках не перевищувала  $30\%$ .

Для співставлення отриманих результатів розраховували коефіцієнт накопичення (КН)  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту у фітомасу рослин, який визначали як відношення питомої активності радіонукліда в

рослинах (Бк/кг) до питомої активності ґрунту (Бк/кг) у перерахунку на суху масу:

$$KH = A_{\text{рослин}} (\text{Бк/кг}) / A_{\text{ґрунту}} (\text{Бк/кг}). \quad (1)$$

Показник радіологічної ефективності апробованих контрзаходів (кратність зниження біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  відносно контролю) розраховували як відношення  $KH$   $^{137}\text{Cs}$  рослинами в контролі до  $KH$   $^{137}\text{Cs}$  рослинами у випадку використання контрзаходу:

$$\begin{aligned} & \text{Радіологічна ефективність} = \\ & = KH^{137}\text{Cs}_{\text{контроль}} / KH^{137}\text{Cs}_{\text{контрзахід}}. \quad (2) \end{aligned}$$

Для обробки масивів первинної інформації

використовували статистичні методи аналізу [17, 18] із застосуванням стандартного пакета програми MS Excel.

### Результати та їхнє обговорення

Порівняння даних фізико-хімічних та агрохімічних властивостей торф'яно-болотних ґрунтів (табл. 1) дає змогу виявити як подібність деяких характеристик, так і їхню відмінність. Близькими є низькі значення рН ґрунтового розчину, суми обмінних основ, місткості катіонного обміну, ступеня насичення основами, гідролітичної кислотності, вмісту загального азоту та зольності. Відмінності в ґрунтах спостерігаються між показниками вмісту рухомих форм фосфору, калію та амонійного азоту.

Таблиця 1. Фізико-хімічні та агрохімічні властивості верхнього 20-сантиметрового шару торф'яно-болотних ґрунтів

Найменування показників, одиниці вимірювань	Ґрунт № 1 (ур. Гало, с. Вежиця)	Ґрунт № 2 (ур. Гнойне, с. Єльне)
	Результати вимірювань	
рН водний	3,6 ± 0,1	3,4 ± 0,1
рН сольовий	4,4 ± 0,1	4,3 ± 0,1
Гідролітична кислотність Н <sub>г</sub> , ммоль/100 г	85,5 ± 10,3	93,1 ± 11,2
Сума обмінних основ (катіонів) S, мг-екв/100 г	10,2 ± 0,5	10,4 ± 0,4
Місткість катіонного обміну МКО, мг-екв/100 г	95,7 ± 0,9	103,5 ± 1,3
Ступінь насичення основами V, %	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01
Вміст загального азоту, %	1,91 ± 0,06	1,78 ± 0,03
Вміст рухомого фосфору, мг/кг	79,0 ± 0,6	23,3 ± 0,2
Вміст рухомого калію, мг/кг	172,7 ± 0,9	245,3 ± 1,3
Вміст амонійного азоту, мг/кг	26,5 ± 0,1	34,9 ± 0,1
Зольність, %	19,1 ± 1,6	13,5 ± 1,2
Об'ємна маса ґрунту, г/см <sup>3</sup>	0,16 ± 0,04	0,27 ± 0,05
Вологість % (на момент закладки дослідів)	345 ± 8	357 ± 10
Питома активність $^{137}\text{Cs}$ у ґрунті, Бк/кг	300 ± 30	1750 ± 80

Таблиця 2. Вертикальний розподіл  $^{137}\text{Cs}$  у 20-сантиметровому шарі торф'яно-болотних ґрунтів

Шар ґрунту, см	Ґрунт № 1 (ур. Гало, с. Вежиця)		Ґрунт № 2 (ур. Гнойне, с. Єльне)	
	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	% від сумарної активності шару ґрунту 0 - 20 см	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	% від сумарної активності шару ґрунту 0 - 20 см
0 - 2	900 ± 72	37,1 ± 3,0	4480 ± 358	31,5 ± 2,5
2 - 4	710 ± 64	29,2 ± 2,6	2780 ± 250	19,5 ± 1,8
4 - 6	196 ± 19	8,1 ± 0,8	2190 ± 197	15,4 ± 1,4
6 - 8	128 ± 14	5,3 ± 0,6	1280 ± 115	9,0 ± 0,8
8 - 10	105 ± 12	4,3 ± 0,5	963 ± 86	6,8 ± 0,6
10 - 12	84 ± 12	3,5 ± 0,5	675 ± 67	4,7 ± 0,5
12 - 14	78 ± 12	3,2 ± 0,5	508 ± 45	3,6 ± 0,3
14 - 16	75 ± 13	3,1 ± 0,5	463 ± 41	3,3 ± 0,3
16 - 18	78 ± 12	3,2 ± 0,5	460 ± 46	3,2 ± 0,3
18 - 20	75 ± 13	3,1 ± 0,5	425 ± 42	3,0 ± 0,3

Аналіз даних, представлених у табл. 2, показує, що  $^{137}\text{Cs}$  у 20-сантиметровому шарі ґрунтів дослідних ділянок розподілений нерівномірно:

основна частка активності  $^{137}\text{Cs}$  міститься в шарі торфу 0 - 10 см 83,9 % та 82,2 % від сумарної активності шару ґрунту 0 - 20 см відповідно для

Таблиця 3. Параметри біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  ( $K_d$ ) та радіологічна ефективність контраходів по зменшенню мобільності  $^{137}\text{Cs}$  ( $R = 95\%$ ) на торф'яно-болотному ґрунті (ґрунт № 1 ур. Гало, с. Вежиця) для фітомаси ситника гострого в різні моменти часу після закладки вегетаційних дослідів 21 серпня 2012 р.

Варіант	Час відбору									
	1-й пробовідбір 21.12.12 через 122 доби (0,33 року)	2-й пробовідбір 11.04.13 через 232 доби (0,64 року)	3-й пробовідбір 01.08.13 через 345 діб (0,95 року)	4-й пробовідбір 26.02.14 через 553 доби (1,52 року)	5-й пробовідбір 22.07.14 через 700 діб (1,92 року)	6-й пробовідбір 26.11.14 через 827 діб (2,27 року)	За весь період дослідів			
Контроль	$10,4 \pm 2,5$	$6,7 \pm 1,3$	$10,0 \pm 2,5$	$16,0 \pm 3,6$	$22,9 \pm 4,7$	$6,3 \pm 1,5$	-			
Піскування, 200 т/га	$3,6 \pm 1,1$	$3,5 \pm 0,2$	$5,9 \pm 0,5$	$10,7 \pm 0,2$	$14,3 \pm 0,5$	$4,2 \pm 0,6$	$1,6 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,6$
Ферошин, 0,2 т/га	$3,4 \pm 1,2$	$3,7 \pm 0,2$	$7,1 \pm 0,5$	$10,9 \pm 0,3$	$15,3 \pm 0,5$	$3,5 \pm 0,6$	$1,5 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,6$
Ферошин- бентонитовий сорбент, 100 т/га <sup>(1)</sup>	$0,0175 \pm 0,010$	$0,008 \pm 0,003$	$0,028 \pm 0,011$	$0,033 \pm 0,013$	$0,044 \pm 0,015$	-	$0,044 \pm 0,015$	$510 \pm 210$	-	$560 \pm 180$

<sup>(1)</sup> Після 5-го пробовідбору фітомаси дослідження в даному варіанті було припинено через значну мінералізацію торф'яного субстрату.

Таблиця 4. Параметри біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  ( $K_d$ ) та радіологічна ефективність контрзаходів по зменшенню мобільності  $^{137}\text{Cs}$  ( $R = 95\%$ ) на торф'яно-болотному ґрунті (ґрунт № 2 ур. Гнойне, с. Сільне) для фітомаси ситника гострого в різні моменти часу після закладки вегетаційних дослідів 21 серпня 2012 р.

Варіант	Час відбору																		
	1-й пробовідбір 21.12.12 через 122 доби (0,33 року)		2-й пробовідбір 11.04.13 через 232 доби (0,64 року)		3-й пробовідбір 01.08.13 через 345 діб (0,95 року)		4-й пробовідбір 26.02.14 через 553 доби (1,52 року)		5-й пробовідбір 22.07.14 через 700 діб (1,92 року)		6-й пробовідбір 26.11.14 через 827 діб (2,27 року)		За весь період дослідів						
Контроль	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	1,2±0,4	-	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	9,7±1,5	-	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	13,5±2,0	-	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	17,5±2,6	-	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	14,6±2,2	-	Радіологічна ефективність	-		
	Радіологічна ефективність	-	-	Радіологічна ефективність	-	-	Радіологічна ефективність	-	-	Радіологічна ефективність	-	-	Радіологічна ефективність	-	-	Радіологічна ефективність	-		
Піскування, 200 т/га	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	0,4±0,03	2,7±1,0	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	5,4±0,5	1,8±0,3	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	8,4±0,2	1,6±0,2	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	12,5±0,8	1,4±0,2	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	11,7±0,7	1,6±0,2	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	9,7±0,5	1,5±0,2	1,8±0,5
	Радіологічна ефективність	2,9±1,0	2,9±1,0	Радіологічна ефективність	3,9±0,2	2,5±0,4	Радіологічна ефективність	9,6±0,2	1,4±0,2	Радіологічна ефективність	13,5±0,3	1,3±0,2	Радіологічна ефективність	13,4±0,3	1,4±0,2	Радіологічна ефективність	3,4±0,2	4,3±0,7	2,3±1,2
Ферошин, 0,2 т/га	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	0,003±0,001	390±190	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	0,013±0,005	770±320	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	0,04±0,009	340±90	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	0,04±0,01	440±130	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	0,04±0,01	450±150	$K_d$ $^{137}\text{Cs}$	-	-	480±170
	Радіологічна ефективність	0,003±0,001	390±190	Радіологічна ефективність	0,013±0,005	770±320	Радіологічна ефективність	0,04±0,009	340±90	Радіологічна ефективність	0,04±0,01	440±130	Радіологічна ефективність	0,04±0,01	450±150	Радіологічна ефективність	-	-	480±170

(<sup>1</sup>) Після 5-го пробовідбору фітомаси дослідження в даному варіанті було припинено через значну мінералізацію та візуальні зміни торф'яного субстрату.

точок відбору «ур. Гало, с. Вежиця» та «ур. Гнойне, с. Єльне», а в найбільш біологічно активних шарах торфу (0 - 6 см) до цього часу знаходиться від 66,4 % (ур. Гнойне, с. Єльне) до 74,4 % (ур. Гало, с. Вежиця) загальної активності  $^{137}\text{Cs}$ , депонованої у верхньому 20-сантиметровому шарі ґрунту.

Використані у вегетаційних дослідах контрзаходи мають різну радіологічну ефективність (табл. 3 та 4). Найбільш ефективним контрзаходом виявився фероцин-бентонітовий сорбент, унаслідок використання якого відзначалось найбільше зниження надходження  $^{137}\text{Cs}$  в рослини. Проте необхідно зазначити, що застосування фероцин-бентонітового сорбенту в умовах дослідів призвело до значної мінералізації обох торф'яно-болотних ґрунтів у вегетаційних посудинах після четвертого, а особливо після п'ятого пробовідбору. Скоріше за все, дане явище обумовлене застосуванням високої дози сорбенту та відриву торфу від материнської породи й потребує подальших досліджень щодо з'ясування впливу даного меліоранту на стан торф'яно-болотних ґрунтів у природних умовах.

За зростанням радіологічної ефективності контрзаходи можна розташувати так: піскування – внесення фероцину – застосування фероцин-бентонітового сорбенту. Для ґрунту № 1 (ур. Гало, с. Вежиця) при використанні піскування в якості контрзаходу середні значення радіологічної ефективності протягом тривалості дослідів становили  $1,8 \pm 0,5$  разів; фероцину –  $1,8 \pm 0,6$  разів; фероцин-бентонітового сорбенту –  $560 \pm 180$  разів. Для ґрунту № 2 (ур. Гнойне, с. Єльне): піскування –

$1,8 \pm 0,5$  разів; фероцину –  $2,3 \pm 1,2$  разів; фероцин-бентонітового сорбенту –  $480 \pm 170$  разів.

Результати досліджень показують, що контрзаходи піскування та внесення фероцину мають фактично рівну ефективність. Економічно вигідніше застосовувати піскування, оскільки пісок є меліорантом місцевого походження та знаходиться на незначній глибині (30 - 50 см) безпосередньо під шаром торфу, що виключає затрати на закупівлю та доставку до місця внесення.

## Висновки

В умовах лабораторних вегетаційних дослідів отримано нові експериментальні дані щодо радіологічної ефективності нетрадиційних контрзаходів, направлених на зниження біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  для рослин на торф'яно-болотних ґрунтах Полісся України.

Кратність зниження накопичення  $^{137}\text{Cs}$  фітотомасою внаслідок застосування контрзаходів знаходиться у межах від  $1,8 \pm 0,5$  до  $560 \pm 180$  разів за весь період тривалості дослідів.

Доцільнішим, порівняно зі внесенням фероцину, контрзаходом для зниження біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  рослинами на торф'яно-болотних ґрунтах даного типу є застосування піскування в дозі 200 т/га, що забезпечує зниження накопичення  $^{137}\text{Cs}$  рослинами в середньому в  $1,8 \pm 0,5$  разів.

Для встановлення реальних показників радіологічної ефективності застосування фероцин-бентонітового сорбенту та його впливу на ґрунт необхідно проведення експериментальних дослідів у польових умовах.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лихтарьов І.А., Ковган Л.М., Василенко В.В. 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.
2. Кашпаров В.О., Поліщук С.В., Отрешико 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. - К.: Агентство «Чорнобильінтерінформ», 2011. - № 2 (38) - С. 13 - 30.
3. Хоменко І.М., Поліщук С.В. Оцінка впливу споживання продуктів харчування місцевого виробництва на формування дози внутрішнього опромінення у віддалений період після Чорнобильської катастрофи // Довкілля та здоров'я. - 2014. - № 2. - С. 57 - 61.
4. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.uiar.org.ua/Ukr/index.htm>
5. Рекомендації по веденню сільського і лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення території України в результаті аварії на Чорнобильській АЕС на період 1994 - 1995 роки / Під кер. М. О. Лошцілова, Б. С. Прістера, С. О. Ляшенка, Н. П. Асташевої. - К., 1994. - 181 с.
6. Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС на період 1999 - 2002 рр. (Методичні рекомендації). - К., 1998. - 104 с.
7. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддалений період (Методичні рекомендації) / За ред. акад. УААН Б. С. Прістера. - К.: Атака-Н, 2007. - 196 с.
8. Судаков М.О., Береза В.І., Погурський В.Г. Мікроеlementози сільськогосподарських тварин. - К.: Урожай, 1991. - 144 с.
9. Кашпаров В.А., Лазарев Н.М., Поліщук С.В. Проблеми сільськогосподарської радіології в Україні на сучасному етапі // Агроекологічний

- журнал. - 2005. - № 3. - С. 31 - 41.
10. *Перепелятников Г.П., Омеляненко Н.П., Перепелятникова Л.В.* Некоторые вопросы технологии кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения // Проблемы сельскохозяйственной радиологии: Сб. науч. тр. / Под. ред. Н. А. Ложилова. - К., 1993. - С. 115 - 125.
  11. *Бурдаков В.А., Маяков Е.А., Торубарова А.А. и др.* Сорбенты радиоактивного цезия для животноводства // «Чернобыль-94». IV Междунар. науч.-техн. конф. «Итоги 8 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС» ». ЧеНЦМИ НПО «Припять» (г. Чернобыль, 1996). Сб. докл. - Т. 1. - С. 400 - 402.
  12. *Хомутинін Ю.В., Кашипаров В.О., Жебровська К.І.* Оптимізація відбору і вимірювання проб при радіоекологічному моніторингу. - К., 2002. - 160 с.
  13. *Якість ґрунту. Методи відбору проб ґрунту для радіаційного контролю.* СОУ 74.14-37-425:2006. - К.: Мінагрополітика України. - 15 с.
  14. *Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA-TECDOC-1616, Vienna, 2009, p. 616.*
  15. *Fesenko S. Jacob P., Ulanovsky A. et al.* Justification of remediation strategies in the long term after the Chernobyl accident // Journal of Environmental Radioactivity. - 2013. - Vol. 119. - P. 39 - 47.
  16. *Городній М.М., Лісовал А.П., Бикін А.В. та ін.* Агрохімічний аналіз. Підручник: навчальний посібник / За ред. М. М. Городнього. - К.: Арістей, 2004. - 522 с.
  17. *Афифи А., Эйзен С.* Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. - М.: Мир, 1982. - 488 с.
  18. *Горбань І.І.* Теорія ймовірностей і математична статистика для наукових працівників та інженерів. - К.: ІПММС НАН України, 2003. - 244 с.

**И. М. Малюштан, С. В. Полищук**

*Український науково-дослідницький інститут сільськогосподарської радіології  
Національного університету біоресурсів і природопольовання України, Київ*

### **РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОНТМЕР НА ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ**

В лабораторных условиях вегетационных опытов были установлены показатели радиологической эффективности таких контрмер, как пескование, внесение ферроциана и ферроцин-бентонитового сорбента, на торфяно-болотных почвах Рокитновського району Ровенської області. Показана эффективность апробированных контрмер на протяжении 26 месяцев вегетации.

*Ключевые слова:*  $^{137}\text{Cs}$ , контрмеры, радиологическая эффективность, торфяно-болотные почвы, Чернобыльская авария.

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

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

### **RADIOLOGICAL EFFICACY OF NONTRADITIONAL COUNTERMEASURES ON PEAT-BOG SOILS**

In the laboratory experiments the parameters of radiological effectiveness of countermeasures such as sanding, adding of ferrocyanides and ferrocyanides-bentonite sorbent into the peat-bog soils of Rokytno district of Rivne region, which are characterized by an abnormally high transfer of  $^{137}\text{Cs}$  from soil to plants were estimated. The applied countermeasure efficiencies are presented during 26 months of the vegetation period.

*Keywords:*  $^{137}\text{Cs}$ , countermeasures, radiological effectiveness, peat-bog soils, Chernobyl accident.

#### REFERENCES

1. *Likhtar'ov I.A., Kovgan L.M., Vasylenko V.V. et al.* General dosimetry certification and monitoring of CHR results in the settlements contaminated after the Chernobyl disaster. Data for 2012 (Collection 15). - Kyiv, 2013. - 33 p. (Ukr)
2. *Kashparov V.O., Polishchuk S.V., Otrishko L.M.* // Chornobylyl'skyi naukovi visnyk. Byuletyn' ekologichnogo stanu zony vidchuzhennya ta zony bezumovnoho (obov'yazkovogo) vidselennya. - Kyiv: Agentstvo «Chornobyl'interinform», 2011. - No. 2 (38) - P. 13 - 30. (Ukr)
3. *Khomenko I.M., Polishchuk S.V.* // Dovkillya ta zdorov'ya. - 2014. - No. 2. - P. 57 - 61. (Ukr)
4. [Electronic resource] Access] Режим доступу: <http://www.uir.org.ua/Ukr/index.htm>
5. *Recommendations on agriculture and forestry in radioactive contamination conditions in Ukraine after Chernobyl accident during the period of 1994 - 1995 / Under the direction of M. O. Loshchilov, B. S. Prister, S. O. Lyashenko, N. P. Astasheva.* - Kyiv, 1994. - 181 p. (Ukr)
6. *Agriculture in conditions of radioactive contamination in Ukraine after Chernobyl accident during the period of 1999 - 2002. (Guidelines).* - Kyiv., 1998. - 104 p. (Ukr)
7. *Agricultural production in the areas contaminated by the Chernobyl disaster during remote period (Guidelines) / Ed. acad. UAAN B. S. Priester.* - Kyiv:Ataka-H, 2007. - 196 p. (Ukr)
8. *Sudakov M.O., Bereza V.I., Pogurs'kyi V.G.* Micro-

- elementosis of farm animals. - Kyiv: Urozhaj, 1991. - 144 p. (Ukr)
9. *Kashparov V.A., Lazarev N.M., Polishchuk S.V.* // *Agroekologichnyi zhurnal.* - 2005. - No. 3. - P. 31 - 41. (Rus)
10. *Perepelyatnikov G.P., Omel'yanenko N.P., Perepelyatnikova L.V.* // *Problemy sel'skokhozyajstvennoj radiologii: Sb. nauch. tr. / Ed. by N. A. Loshchilov.* - Kyiv, 1993. - P. 115 - 125. (Rus)
11. *Burdakov V.A., Mayakov E.A., Torubarova A.A. et al.* Radioactive cesium sorbents for animal breeding // «Chernobyl'-94». IV Int. Scientific and Technical Conf. «Itogi 8 let rabot po likvidatsii posledstvij avarii na ChAES» ». CheNTsMI NPO «Pripyat» (Chernobyl, 1996). Collection. - Vol. 1. - P. 400 - 402. (Rus)
12. *Khomutinin Yu.V., Kashparov V.O., Zhebrovs'ka K.I.* Optimization of selection and measure samples during the radioecological monitoring. - Kyiv, 2002. - 160 p. (Ukr)
13. *The quality of the soil. Methods of soilsampling for radiation control.* SOU 74.14-37-425: 2006. - Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. - 15 p. (Ukr)
14. *Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments,* IAEA-TECDOC-1616, Vienna, 2009, p. 616.
15. *Fesenko S. Jacob P., Ulanovsky A. et al.* Justification of remediation strategies in the long term after the Chernobyl accident // *Journal of Environmental Radioactivity.* - 2013. - Vol. 119. - P. 39 - 47.
16. *Gorodnii M.M., Lisoval A.P., Bykin A.V. et al.* Agrochemical analysis. Textbook / Ed. by M. M. Goronhij. - Kyiv: Aristey, 2004. - 522 p. (Ukr)
17. *Afifi A., Ejzen S.* Statistical analysis. The approach of computer using. - Moskva: Mir, 1982. - 488 p. (Rus)
18. *Gorban' I.I.* The theory of probability and mathematical statistics for scientists and engineers. - Kyiv: IMMSP NAS of Ukraine, 2003. - 244 p. (Ukr)

Надійшла 21.07.2015  
Received 21.07.2015