



**О. О. ОРЛОВ, О. В. ЖУКОВСЬКИЙ, О. В. ЗБОРОВСЬКА, В. В. ШЕВЧУК,
О. В. ЛЕВКІВСЬКИЙ**

**РЕЗУЛЬТАТИ ТРЕТЬОГО ЕТАПУ МОНІТОРИНГУ АКУМУЛЯЦІЇ ¹³⁷Cs ВИДАМИ
ТРАВ'ЯНО-ЧАГАРНИЧКОВОГО ЯРУСУ ДУБОВО-СОСНОВИХ ЛІСІВ
У ВОЛОГИХ СУГРУДАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ**

*Поліський філіал Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації
ім. Г. М. Висоцького*

Дослідження проведено в липні 2018 р. на стаціонарі, закладеному в умовах вологого дубово-соснового сугруду. Вивчено акумуляцію ¹³⁷Cs 45 видами судинних рослин трав'яно-чагарничкового ярусу. Виявлено, що в межах масиву даних діапазон середніх значень КП (тут і далі – коефіцієнт переходу) з ґрунту до надземної фітомаси становив від $0,18 \pm 0,024 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ (у чорниць) до $5,90 \pm 0,873 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ (у щитника чоловічого). У межах дослідженого масиву види за середніми значеннями КП розподілилися на 9 однорідних дисперсійних груп, різнорідних у таксономічному відношенні. Показано, що представники найбільших родин на стаціонарі розподілилися за різними однорідними групами, що визначається глибиною розташування їхніх кореневих систем. Зроблено висновок, що у вологих сосново-дубових сугрудах види трав'яно-чагарничкового ярусу акумулюють ¹³⁷Cs з невисокою інтенсивністю й належать до груп організмів із дуже слабким і слабким накопиченням радіонукліду. Виявлено, що середні значення КП ¹³⁷Cs з ґрунту до надземної фітомаси більшості досліджених видів протягом 2014–2018 рр. продовжували зменшуватися, також змінився порядок видів у ранжованому ряду за середніми значеннями КП.

Ключові слова: питома активність, щільність забруднення ґрунту, інтенсивність акумуляції.

Вступ. Віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС характеризується поступовим зменшенням питомої активності техногенного ¹³⁷Cs у ґрунтово-рослинному покриві. Насамперед це явище зумовлено фізичним розпадом радіонукліда, менш значущими є необмінне закріплення радіонукліда в ґрунті (так зване «старіння»), а також вертикальна міграція радіонукліда за межі найбільш щільно коренезаселеного шару ґрунту. Однак, як свідчать наші попередні дослідження, згадане зменшення питомої активності ¹³⁷Cs у судинних рослинах та, відповідно, інтенсивності акумуляції ¹³⁷Cs з ґрунту в надземній фітомасі істотно різнилися (Orlov et al. 2013). Як ми вказували раніше (Orlov et al. 2013), видовий склад трав'яно-чагарничкового ярусу у вологих сосново-дубових сугрудах є найбільш багатим серед едотопів Полісся. До нього входять ягідні види – *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Fragaria vesca* L., *Rubus saxatilis* L.; лікарські види, занесені до Державної фармакопеї України (Derzhavna Farmakopeya Ukrayiny 2001, Derzhavna Farmakopeya Ukrayiny 2004, Derzhavna Farmakopeya Ukrayiny 2008, Derzhavna Farmakopeya Ukrayiny 2009), зокрема *Betonica officinalis* L., *Hypericum perforatum* L., *Origanum vulgare* L., *Digitalis grandiflora* Mill., *Achillea millefolium* L.; кормові види трав – *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Trifolium medium* L., *T. pratense* L., *Poa pratensis* L. та інші. Саме тому визначення сучасних параметрів акумуляції ¹³⁷Cs в надземній фітомасі видів трав'яно-чагарничкового ярусу є важливим завданням.

Метою дослідження є детальний аналіз інтенсивності акумуляції ¹³⁷Cs надземною фітомасою видів трав'яно-чагарничкового ярусу в межах чергового, третього етапу багаторічного радіоекологічного моніторингу на стаціонарі, закладеному у вологому дубово-сосновому сугруді в 1994 р.

Матеріали й методи. Дослідження проведено в липні 2018 р. на стаціонарі у кварталі 49, виділі 16 Повчанського лісництва ДП «Лугинське ЛГ» Житомирського ОУЛМГ у вологому дубово-сосновому сугруді (СЗДС). На пробній площі деревостан мав склад 4Дз6Сз+Бп+Ос, вік 70 років, повноту 0,8. Підріст деревних порід зріджений, представлений поодинокими екземплярами *Pinus sylvestris* L., *Quercus robur* L. та *Populus tremula* L. Негустий підлісок (зімкнутістю до 0,1) утворювали *Frangula alnus* Mill. та *Sorbus aucuparia* L. Трав'яно-чагарничковий ярус густий, куртинного розміщення, з проективним покриттям 50–70 %. Співдомінували в ньому *Convallaria majalis* (20–25 %) та *Pteridium*

aquilinum (20–30 %). Постійними видами, які мали проективне покриття 3–5 %, були: *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Betonica officinalis* L., *Potentilla alba* L., *Rubus saxatilis* L., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Vaccinium myrtillus* L. тощо. Меншою є участь у формуванні ярусу таких видів: *Ajuga reptans* L., *Campanula persicifolia* L., *Galium intermedium* Schult., *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau, *Veronica chamaedrys* L. тощо. Представлений фітоценоз *Querceto-Pinetum pteridioso-convallarioso-variatherbosum*.

Для оцінювання середнього значення щільності забруднення ґрунту ^{137}Cs у 25 рівномірно розташованих точках відібрано точкові зразки ґрунту циліндричним буром діаметром 5 см на глибину 10 см. Ці зразки об'єднано по 5 шт. у збірні зразки, які надалі використовували для вимірювань. На стаціонарі у трикратній повторності відбирали надземну фітомасу 45 видів судинних рослин.

Усі зразки висушували в сушильних шафах до повітряно-сухої ваги впродовж 72 годин за температури 80°C. Висушені зразки гомогенізували на пробопідготовлювачах ПРП та ПРГ, уміщували у вимірювальні посудини та зважували. Вимірювання питомої активності ^{137}Cs проводили на багатоканальному спектроаналізаторі СЕГ-001 «АКП-С» з сцинтиляційними детекторами БДЕГ-20Р2 в еталонованих посудинах об'ємом 1,0 л, 0,5 л (посудини Марінеллі), 130 мл (Дента), 70 мл (ґрунтовий бюкс). Відносна похибка вимірювання згаданого показника не перевищувала 15 %.

Показником інтенсивності акумуляції ^{137}Cs надземною фітомасою рослин із ґрунту є коефіцієнт переходу (КП), який розраховували як відношення питомої активності ^{137}Cs у фітомасі ($\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) до щільності забруднення ґрунту радіонуклідом (As , $\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$), тому він мав загальнозживану розмірність – $\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}\cdot 10^{-3}$ (Shcheglov 1999).

Вміст ^{137}Cs у лікарських рослинах визначали згідно із чинним нормативним документом (Нігієнічний норматив 2008).

Статистичний аналіз отриманих результатів проводили із застосуванням пакету Excel загальноприйнятими методами варіаційної статистики (Lakin 1973).

Українські назви рослин наведено за (Dobrochaeva et al. 1999), латинські – за (Mosyakin & Fedoronchuk 1999).

Результати та обговорення. На пробній площі відібрано 45 видів рослин трав'яно-чагарничкового ярусу, середні значення питомої активності ^{137}Cs у їхній надземній фітомасі наведено в таблиці 1. У межах досліджуваного масиву видів існує значна міжвидова різниця середніх значень питомої активності ^{137}Cs у надземній фітомасі. Мінімальне значення згаданого показника відзначено в чорниць – $43 \pm 5,5 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, а максимальне – у щитника чоловічого – $1377 \pm 203,9 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$. Таким чином, виявлено, що міжвидова різниця вмісту ^{137}Cs у надземній фітомасі трав'яно-чагарничкового ярусу на стаціонарі сягала 32 разів, що є досить типовим показником (Orlov 2013, Orlov et al. 2013).

Окремо слід навести середнє значення питомої активності ^{137}Cs , отримане для надземної фітомаси під'ялинника звичайного (*Monotropa hypopitys* L., *Monotropaceae* Nutt.), яке випадає з наведеного вище ряду, – $363840 \pm 58192,6 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, що потребує ретельного дослідження в наступний період. Наведене значення в 36 разів перевищує відповідне значення, встановлене для твердих радіоактивних відходів ^{137}Cs ($10 \text{ кБк}\cdot\text{кг}^{-1}$) (Osnovni sanitarni pravyla 2005). Цілком імовірно, що такий високий вміст ^{137}Cs у під'ялиннику звичайному зумовлений його сапротрофічністю, живленням переважно з розкладеного шару лісової підстилки, в якому вміст радіонукліду є максимальним з усього ґрунтового профілю, а також відсутністю ґрунтового геохімічного бар'єру на шляху поглинання радіонукліду цим видом рослин.

Серед статистичних закономірностей величин питомої активності ^{137}Cs у надземній фітомасі всіх досліджених видів слід виділити значний діапазон (1,7–2,0 разу) мінімального та максимального значень, що відображається на величинах коефіцієнтів варіювання згаданого показника. Так, мінімальне значення коефіцієнту варіювання розраховано для свербіжниці польової – 17,70 %, а максимальне – для звіробою звичайного – 36,95 %.

Наведені дані в таблиці 1 свідчать, що вміст ^{137}Cs у надземній фітомасі чорниць був у 3,3 разу меншим за відповідний показник конвалії, що дослідниками відзначалося й раніше (Ermakova et al. 1990, Ermakova et al. 1995).

Таблиця 1

Середні значення питомої активності ^{137}Cs (Бк·кг⁻¹) у надземній фітомасі видів трав'яно-чагарничкового ярусу у вологому сугруді ($A_s = 233,5 \pm 13,61$ кБк·м⁻²)

№	Родина	Вид рослин	Статистичні показники				
			$M \pm m$	V, %	P, %	min	max
1	<i>Ericaceae</i> Juss.	Чорниця (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	43 ± 5,5	22,2	12,8	33	52
2	<i>Lamiaceae</i> Lindl.	Пахучка звичайна (<i>Clinopodium vulgare</i> L.)	54 ± 6,7	21,4	12,3	41	63
3	<i>Poaceae</i> Barnhart	Перлівка поникла (<i>Melica nutans</i> L.)	65 ± 10,1	27,0	15,6	47	82
4	<i>Primulaceae</i> Vent.	Вербозілля звичайне (<i>Lysimachia vulgaris</i> L.)	129 ± 25,6	34,4	19,8	100	180
5	<i>Rosaceae</i> Juss.	Суніці лісові (<i>Fragaria vesca</i> L.)	132 ± 19,0	25,0	14,4	94	152
6	<i>Rosaceae</i> Juss.	Костяниця (<i>Rubus saxatilis</i> L.)	137 ± 21,7	27,5	15,9	96	170
7	<i>Convallariaceae</i> Horan.	Конвалія звичайна (<i>Convallaria majalis</i> L.)	141 ± 29,7	36,2	20,9	106	200
8	<i>Oxalidaceae</i> R.Br.	Кислиця звичайна (<i>Oxalis acetosella</i> L.)	152 ± 18,8	21,5	12,4	118	183
9	<i>Convallariaceae</i> Horan.	Купина запашна (<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce)	155 ± 21,9	24,5	14,2	123	197
10	<i>Primulaceae</i> Vent.	Одинарник європейський (<i>Trientalia europaea</i> L.)	177 ± 25,2	24,6	14,2	147	227
11	<i>Asteraceae</i> Dumort.	Міцеліс постінний (<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dumort.)	179 ± 23,2	22,5	13,0	144	223
12	<i>Rosaceae</i> Juss.	Перстач прямостоячий (<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.)	180 ± 28,6	27,5	15,9	130	229
13	<i>Cyperaceae</i> Juss.	Осока гірська (<i>Carex montana</i> L.)	184 ± 28,6	26,9	15,5	139	237
14	<i>Rosaceae</i> Juss.	Гравілат міський (<i>Geum urbanum</i> L.)	191 ± 28,7	26,0	15,0	139	196
15	<i>Campanulaceae</i> Juss.	Дзвоники скупчені (<i>Campanula glomerata</i> L.)	195 ± 30,9	27,5	15,9	135	238
16	<i>Campanulaceae</i> Juss.	Дзвоники персиколісті (<i>Campanula persicifolia</i> L.)	221 ± 29,6	23,2	13,4	182	279
17	<i>Juncaceae</i> Juss.	Ожика волосиста (<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.)	221 ± 36,4	28,5	16,5	169	291
18	<i>Rosaceae</i> Juss.	Перстач білий (<i>Potentilla alba</i> L.)	230 ± 31,4	23,7	13,7	177	286
19	<i>Dipsacaceae</i> Juss.	Свербіжниця польова (<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.)	232 ± 23,7	17,7	10,2	199	278
20	<i>Apiaceae</i> Lindl.	Смовдь болотна (<i>Peucedanum palustre</i> (L.) Moench)	238 ± 37,4	27,3	15,7	187	311
21	<i>Apiaceae</i> Lindl.	Ториліс японський (<i>Torilis japonica</i> (Houtt) DC.)	240 ± 25,3	18,3	10,6	208	290
22	<i>Violaceae</i> Batsch.	Фіалка Рейхенбахіана (<i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau)	242 ± 31,9	22,9	13,2	193	302
23	<i>Lamiaceae</i> Lindl.	Живучка повзуча (<i>Ajuga reptans</i> L.)	242 ± 42,7	30,6	17,7	183	325
24	<i>Lamiaceae</i> Lindl.	Кадило сарматське (<i>Melittis sarmatica</i> Klokov)	256 ± 41,1	27,8	16,0	176	312
25	<i>Poaceae</i> Barnhart	Куничник очеретяний (<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth)	259 ± 50,6	33,9	19,6	160	327

№	Родина	Вид рослин	Статистичні показники				
			$M \pm m$	V, %	P, %	min	max
26	<i>Ranunculaceae</i> Juss.	Жовтець кашубський (<i>Ranunculus cassubicus</i> V.Koch)	264 ± 48,1	31,6	18,3	200	358
27	<i>Clusiaceae</i> Lindl.	Звіробій звичайний (<i>Hypericum perforatum</i> L.)	288 ± 61,4	37,0	21,3	167	367
28	<i>Ranunculaceae</i> Juss.	Анемона дібровна (<i>Anemone nemorosa</i> L.)	296 ± 37,3	21,8	12,6	224	349
29	<i>Scrophulariaceae</i> Juss.	Вероніка дібровна (<i>Veronica chamaedrys</i> L.)	318 ± 42,2	23,0	13,3	251	396
30	<i>Asteraceae</i> Dumort.	Серпій фарбувальний (<i>Serratula tinctoria</i> L.)	328 ± 51,4	27,2	15,7	237	415
31	<i>Poaceae</i> Barnhart	Костриця овеча (<i>Festuca ovina</i> L.)	357 ± 56,3	27,3	15,8	251	443
32	<i>Poaceae</i> Barnhart	Щучник дернистий (<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P.Beauv.)	369 ± 67,4	31,7	18,3	237	459
33	<i>Caryophyllaceae</i> Juss.	Гвоздика стиснуточашечкова (<i>Dianthus pineticola</i> Клеоров)	444 ± 85,4	33,3	19,2	345	614
34	<i>Rubiaceae</i> Juss.	Підмаренник середній (<i>Galium intermedium</i> Schult.)	445 ± 63,9	24,9	14,4	351	567
35	<i>Lamiaceae</i> Lindl.	Буквиця лікарська (<i>Betonica officinalis</i> L.)	445 ± 59,2	23,1	13,3	330	527
36	<i>Caryophyllaceae</i> Juss.	Смілка поникла (<i>Silene nutans</i> L.)	547 ± 90,8	28,8	16,6	378	689
37	<i>Dennstaedtiaceae</i> Lottsy	Орляк звичайний (<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn)	556 ± 99,9	31,1	18,0	442	755
38	<i>Scrophulariaceae</i> Juss.	Наперстянка великоквіткова (<i>Digitalis grandiflora</i> Mill.)	576 ± 117,5	35,3	20,4	345	729
39	<i>Athyriaceae</i> Alston	Безщитник жіночий (<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth)	725 ± 135,8	32,4	18,7	455	885
40	<i>Convallariaceae</i> Horan.	Веснівка дволиста (<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt)	841 ± 138,5	28,5	16,5	569	1022
41	<i>Rubiaceae</i> Juss.	Круціата гола (<i>Cruciana glabra</i> (L.) Ehrend.)	860 ± 134,2	27,0	15,6	600	1048
42	<i>Poaceae</i> Barnhart	Костриця гігантська (<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.)	1065 ± 188,5	30,7	17,7	804	1431
43	<i>Dryopteridaceae</i> Ching	Щитник картузіанський (<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs)	1280 ± 222,7	30,1	17,4	869	1634
44	<i>Dryopteridaceae</i> Ching	Щитник чоловічий (<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott.)	1377 ± 203,9	25,6	14,8	1000	1700

Дані таблиці 1 свідчать, що досліджені види судинних рослин трав'яно-чагарничкового ярусу лісу належали до 23 родин, представлених у більшості випадків 1–2 видами і лише незначна кількість – 3 і більше видами. Значний інтерес становить порівняльний аналіз питомої активності саме цих родин.

Навіть у межах тієї самої родини питома активність ^{137}Cs перебувала в широкому діапазоні. Наприклад, у родині *Lamiaceae* найменше із середніх значень згаданого показника зареєстровано в пахучки звичайної – $54 \pm 6,7 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, а найбільше – у буквиці лікарської – $445 \pm 59,2 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ (різниця становила 8,2 разу). Підвищену акумуляцію ^{137}Cs надземною фітомасою буквиці лікарської ми спостерігали й раніше (Orlov & Krasnov 1997, Orlov et al. 2013). У родині *Rosaceae* мінімальним середнім умістом згаданого радіонукліда відзначалися суниці лісові – $132 \pm 19,0 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, а максимальним – перстач білий – $230 \pm 31,5 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ (різниця – 1,7 разу), у родині *Poaceae* – перлівка поникла – $65 \pm 10,1 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$

та костриця гігантська – $1065 \pm 188,5$ Бк·кг⁻¹ (різниця – 16,4 разу), у родині *Convallariaceae* – конвалія звичайна – $141 \pm 29,5$ Бк·кг⁻¹ та веснівка дволиста – $841 \pm 138,5$ Бк·кг⁻¹ відповідно.

Нами обчислено середній вміст ¹³⁷Cs у надземній фітомасі всіх представників кожної з наведених вище родин на досліджуваному стаціонарі (табл. 2).

Таблиця 2

Середній вміст ¹³⁷Cs у надземній фітомасі представників окремих родин, Бк·кг⁻¹

Родина	Види на стаціонарі	Статистичні показники			
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>Std</i>	<i>V, %</i>
<i>Rosaceae</i>	Суниця лісові, костяниця, перстач прямостоячий, перстач білий, гравілат міський	174	13,9	53,84	30,94
<i>Lamiaceae</i>	Пахучка звичайна, живучка повзуча, кадило сарматське, буквиця лікарська	247	46,5	160,98	65,31
<i>Convallariaceae</i>	Конвалія звичайна, купина запашна, веснівка дволиста	379	122,7	368,01	97,07
<i>Poaceae</i>	Перлівка поникла, куничник очеретяний, костриця овеча, костриця гігантська, щучник дернистий	423	97,6	377,86	89,33

За середнім значенням питомої активності ¹³⁷Cs у надземній фітомасі (див. табл. 2) наведені вище родини судинних рослин можна розмістити в такому рангованому ряду: *Poaceae* > *Convallariaceae* > *Lamiaceae* > *Rosaceae*. Слід, однак, наголосити на тому, що в межах родин з найбільшим середнім вмістом досліджуваного радіонукліда в надземній фітомасі (*Poaceae* та *Convallariaceae*) згаданий показник варіював максимально, коефіцієнт варіації у них становив 97,07 та 89,33 % відповідно. Таке значне варіювання зумовлено різною будовою кореневих систем досліджуваних видів, що відзначалося й раніше (Rysin & Rysina 1987). Наприклад, у родині *Poaceae* високим середнім вмістом ¹³⁷Cs відзначаються рихлодерновинна костриця гігантська та купинно-щільнодерновинні костриця овеча та щучник дернистий. Саме життєва форма останніх двох видів, система галуження пагонів, яка формує щільні купини, розташування молодих сисних корінців у шарі дернини зумовлюють інтенсивну акумуляцію радіонукліда надземною фітомасою цих видів, адже в дернині відсутній ґрунтовий геохімічний бар'єр на шляху міграції радіонуклідів. У родині *Convallariaceae* мінімальний вміст ¹³⁷Cs спостерігали в конвалії звичайної, яка формує багатоярусну кореневу систему за рахунок розвитку довгих кореневищ. Причому I ярус кореневищ розміщується на глибині 5–10 см (шар ґрунту з високим вмістом ¹³⁷Cs), а II ярус кореневищ – на глибині 25–35 см (шар ґрунту з низьким вмістом ¹³⁷Cs). Максимальний вміст згаданого радіонукліда в родині *Convallariaceae* був характерним для веснівки дволистої – короткочореневищного виду з глибиною розташування кореневої системи 2–5 см – у найбільш радіоактивно забруднених шарах гумусово-елювіального горизонту ґрунту.

Методом однофакторного дисперсійного аналізу визначено істотність різниці середніх значень питомої активності ¹³⁷Cs у надземній фітомасі представників різних родин. Результати згаданого аналізу продемонстрували, що в масиві даних достовірна різниця середніх значень питомої активності ¹³⁷Cs наявна лише між родинами *Rosaceae* та *Poaceae* ($F_{\text{факт.}} = 7,25 > F_{0,95} = 4,23$; $p = 0,01$) і *Rosaceae* та *Convallariaceae* ($F_{\text{факт.}} = 5,53 > F_{0,95} = 4,35$; $p = 0,03$). Між рештою дисперсійних пар досліджуваних родин статистично достовірна різниця вмісту ¹³⁷Cs у надземній фітомасі відсутня ($F_{\text{факт.}} < F_{0,95}$).

Також для кожного дослідженого виду розраховано середні значення КП ¹³⁷Cs з ґрунту до надземної фітомаси, а методом однофакторного дисперсійного аналізу за цим показником досліджені види розподілено на однорідні дисперсійні групи, між якими різниця середніх значень КП ¹³⁷Cs з ґрунту до надземної фітомаси є істотною на 95 % довірчому рівні (табл. 3). Відповідні дані подано на рисунку 1.

Результати дисперсійного аналізу середніх значень КП ¹³⁷Cs між дисперсійними групами видів судинних рослин

Дисперсійна пара	$F_{\text{факт.}}$	$F_{0,95}$	p
Група I – група II	46,95	4,28	< 0,001
Група II – група III	10,45	4,15	0,003
Група III – група IV	12,06	4,05	0,001
Група IV – група V	9,44	4,08	0,004
Група V – група VI	7,04	4,28	0,014
Група VI – група VII	5,49	4,35	0,030
Група VII – група VIII	7,11	4,60	0,018
Група VIII – група IX	10,51	4,49	0,005

Результати, наведені у таблиці 3, свідчать, що між усіма виділеними однорідними групами видів середні значення КП відрізняються суттєво на 95 % довірчому рівні, причому найбільша різниця досліджуваного показника спостерігається між групами I і II, а також між групами III і IV.

Дані рисунку 1 демонструють, що досліджені 44 види судинних рослин розподілилися за 9 однорідними дисперсійними групами. I дисперсійну групу з діапазоном середніх значень КП від $0,18 \pm 0,024 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у чорниць до $0,28 \pm 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у перлівки пониклої утворювали 3 види. II дисперсійна група складалася з 6 видів із діапазоном середніх значень КП від $0,55 \pm 0,110 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у вербозілля звичайного до $0,66 \pm 0,094 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у купини запашної. До III дисперсійної групи також входили 6 видів, діапазон середніх значень КП ¹³⁷Cs у цій групі коливався від $0,76 \pm 0,108 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ в одинарника європейського до $0,84 \pm 0,132 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у дзвоників скупчених. IV однорідна група за кількістю видів була найбільшою в досліджуваному масиві даних, до її складу входили 11 видів, які належали до 9 родин судинних рослин. Діапазон середніх значень КП у представників IV однорідної групи становив від $0,95 \pm 0,127 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у дзвоників персиколистих до $1,13 \pm 0,206 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у жовтецю кашубського. До складу V однорідної групи увійшли 4 види з діапазоном середніх значень КП від $1,23 \pm 0,263 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у звіробою звичайного до $1,40 \pm 0,220 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у серпію фарбувального. VI однорідна група включала 5 видів з коливаннями середніх значень КП від $1,53 \pm 0,241 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у костриці овечої до $1,91 \pm 0,254 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у буквиці лікарської. VII та VIII однорідні групи склалися з 3 видів, кожна з діапазонами середніх значень КП ¹³⁷Cs з ґрунту до надземної фітомаси від $2,34 \pm 0,389 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у смілки пониклої до $2,47 \pm 0,503 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у наперстянки великоквіткової та від $3,10 \pm 0,581 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у безщитника жіночого до $3,68 \pm 0,575 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у круціати голої відповідно. IX однорідна група складалася з 3 видів і відзначалася максимальною інтенсивністю акумуляції ¹³⁷Cs з ґрунту, діапазон середніх значень КП коливався в ній від $4,56 \pm 0,807 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у костриці гігантської до $5,90 \pm 0,873 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у щитника чоловічого. Під'ялиник звичайний нами не був розміщений у загальному ряду видів, однак середнє значення КП для нього обчислено: $1558 \pm 249,18 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$, цей вид потребує більш детальних подальших досліджень.

Загалом усі виділені однорідні групи видів були різнорідними в таксономічному відношенні, що нами відзначалося й раніше (Orlov et al. 2013). Із загальних закономірностей також слід наголосити на незначній, загалом, інтенсивності акумуляції ¹³⁷Cs надземною фітомасою з ґрунту, адже середні значення КП перебувають у діапазоні від $0,18 \pm 0,024 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у чорниць до $5,90 \pm 0,873 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у щитника чоловічого. Таким чином, виявлено, що у відносно багатих умовах вологих сосново-дубових сугрудів види трав'яно-чагарничкового ярусу акумулюють ¹³⁷Cs з невисокою інтенсивністю й належать до груп дуже слабкого та слабкого накопичення згаданого радіонукліда (Orlov & Krasnov 1997).

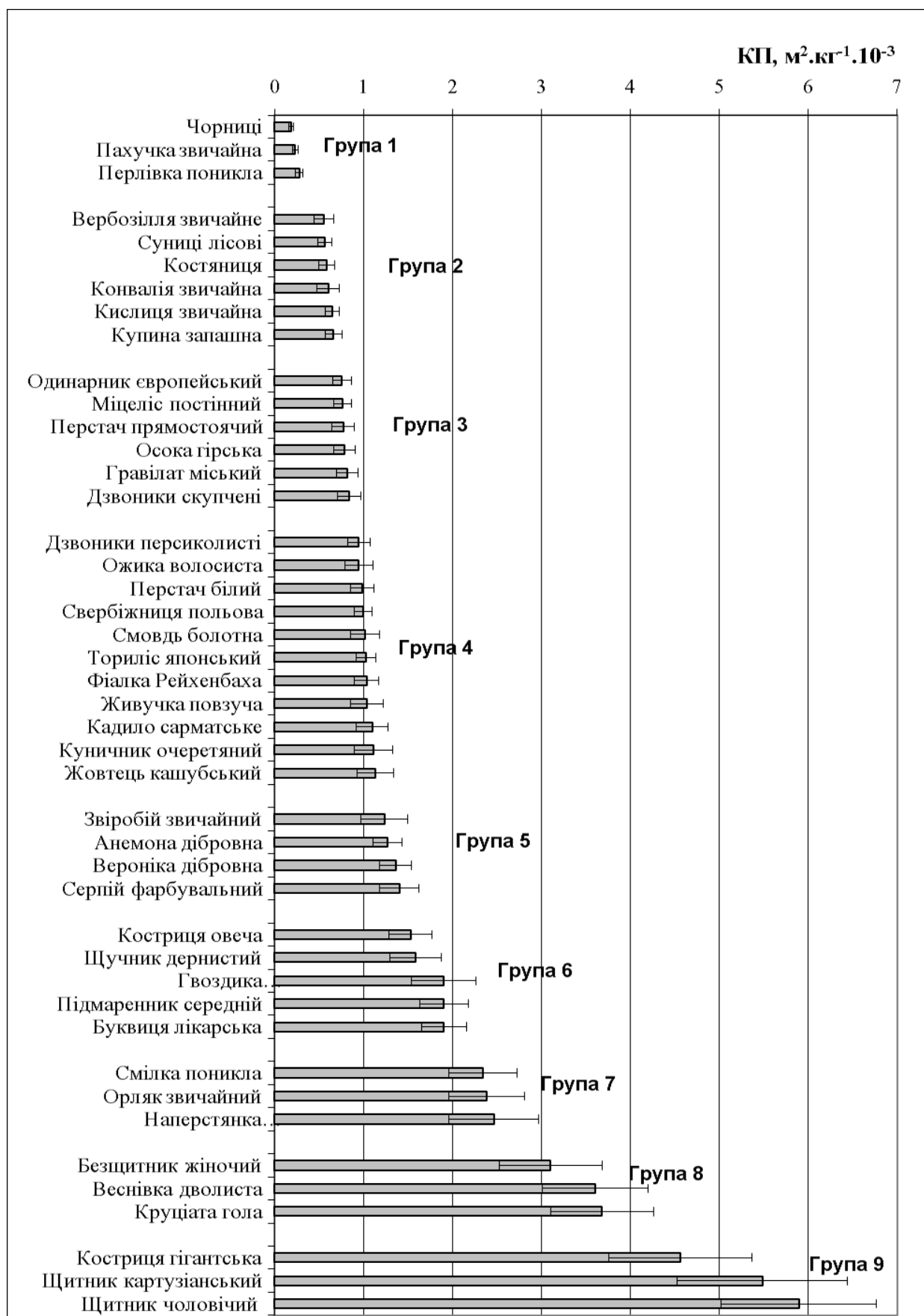


Рис. 1 – Середні значення КП ^{137}Cs з ґрунту до надземної фітомаси видів трав'яно-чагарничкового ярусу на стаціонарі у 2018 р.

Також вивчено акумуляцію ^{137}Cs видами лікарської сировини в дослідженому едатопі та визначено граничні значення щільності забруднення ґрунту цим радіонуклідом, за яких можливо отримати нормативно чисту в радіаційному відношенні лікарську сировину (табл. 4).

Таблиця 4

Акумуляція ^{137}Cs видами лікарської сировини та граничні значення щільності забруднення ґрунту радіонуклідом для її заготівлі

Лікарська сировина	Середнє значення КП, $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$	Граничний вміст* ^{137}Cs , $\text{Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$	Гранична щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs для заготівлі лікарської сировини	
			$\text{кБк} \cdot \text{м}^{-2}$	$\text{Кі} \cdot \text{км}^{-2}$
<i>Digitalis grandiflora</i> , трава	2,47	500	202,43	5,47
<i>Betonica officinalis</i> , трава	1,91	500	261,78	7,08
<i>Hypericum perforatum</i> , трава	1,23	500	406,50	10,99
<i>Potentilla alba</i> , трава	0,98	500	510,20	13,79
<i>Convallaria majalis</i> , трава	0,61	500	555,00 (819,67)**	15,00**
<i>Fragaria vesca</i> , трава	0,57	500	555,00 (877,19)**	15,00**
<i>Vaccinium myrtillus</i> , пагони	0,18	600	555,00 (3333,33)**	15,00**

*Граничний вміст ^{137}Cs , $\text{Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ наведено за «Гігієнічним нормативом питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у рослинній лікарській сировині (субстанції), що використовується для виготовлення лікарських засобів» від 2008 р.

**Гранична щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs , визначена з урахуванням Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» від 19.12.1991. У дужках подано розрахункову щільність забруднення ґрунту для заготівлі лікарської сировини.

Дані таблиці 4 свідчать, що, зважаючи на невисокі середні значення КП ^{137}Cs з ґрунту до лікарської сировини видів у проаналізованому едатопі, заготівля нормативно чистої в радіаційному відношенні лікарської рослинної сировини в ньому може проводитися за значних величин щільності забруднення ґрунту згаданим радіонуклідом – від 202,43 $\text{кБк} \cdot \text{м}^{-2}$ у трави *Digitalis grandiflora* до 510,20 $\text{кБк} \cdot \text{м}^{-2}$ у трави *Potentilla alba*. Проте три види лікарської сировини, які відзначалися мінімальними середніми значеннями КП, можна заготовляти за високих щільностей забруднення території – від 819,67 $\text{кБк} \cdot \text{м}^{-2}$ у трави *Convallaria majalis* до 3333,33 $\text{кБк} \cdot \text{м}^{-2}$ в олістяних пагонів *Vaccinium myrtillus*. Однак, оскільки господарське використання території, зокрема вкритої лісом, допускається за щільності радіоактивного забруднення ґрунту ^{137}Cs не вище ніж 555,0 $\text{кБк} \cdot \text{м}^{-2}$, гранична щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs для заготівлі згаданих трьох видів лікарської сировини становить саме це значення.

Таким чином, загалом середні значення КП ^{137}Cs з ґрунту до надземної фітомаси більшості досліджених видів продовжують зменшуватися. Також добре помітно, що порядок видів у рангованому ряду за середніми значеннями КП став іншим, що залежить від багатьох факторів, з яких основним є глибина розташування кореневих систем рослин.

Висновки.

1. Найбільшим із середніх значень КП відзначається *Dryopteris filix-mas* – $5,90 \pm 0,873 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$, а найменшим – *Vaccinium myrtillus* – $0,18 \pm 0,024 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$, міжвидова різниця середніх значень КП у межах згаданого едатопу становила 32,8 разу. Причинами цього є значна різниця глибини розташування кореневих систем рослин (види з поверхневою кореневою системою зазвичай акумулюють ^{137}Cs інтенсивніше), а також потреби в калії, який є аналогом ^{137}Cs .

2. Види трав'яно-чагарничкового ярусу лісу у фітоценозі *Querceto-Pinetum pteridioso-convallarioso-variabosum* розподілилися між 9 однорідними групами.

3. Усі однорідні групи за величиною КП виявилися різнорідними в таксономічному відношенні.

4. Представники однієї родини судинних рослин присутні в кількох однорідних групах.

5. Заготівлю нормативно чистої в радіаційному відношенні лікарської сировини в дослідженому едотопі можна проводити за щільності забруднення ґрунту ^{137}Cs від $202,43 \text{ кБк/м}^2$ у трави *Digitalis grandiflora* до $555,00 \text{ кБк/м}^2$ у пагонів *Vaccinium myrtillus*, трави *Fragaria vesca* та трави *Convallaria majalis*.

6. Упродовж 2014–2018 рр. у більшості досліджених видів судинних рослин на стаціонарі середні значення КП ^{137}Cs продовжували зменшуватися, а також змінився порядок видів у рангованих рядах, виділених за згаданим показником, що зумовлено, з одного боку, різною глибиною кореневих систем видів, а з іншого, поступовим переміщенням центру запасу радіонукліду до глибших горизонтів.

На досліджуваній постійній пробній площі слід продовжити багаторічні моніторингові спостереження акумуляції ^{137}Cs видами трав'яно-чагарничкового ярусу.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

Derzhavna Farmakopeya Ukrainy [State pharmacopoeia of Ukraine]. 2001. Kharkiv, RIREH, 1126 p. (in Ukrainian).

Derzhavna Farmakopeya Ukrainy. Dopovnennya 1 [State pharmacopoeia of Ukraine. Addition 1]. 2004. Kharkiv, RIREH, 520 p. (in Ukrainian).

Derzhavna Farmakopeya Ukrainy. Dopovnennya 2 [State pharmacopoeia of Ukraine. Addition 2]. 2008. Kharkiv, RIREH, 620 p. (in Ukrainian).

Derzhavna Farmakopeya Ukrainy. Dopovnennya 3 [State pharmacopoeia of Ukraine. Addition 3]. 2009. Kharkiv, RIREH, 280 p. (in Ukrainian).

Dobrochaeva, D. N., Kotov, M. Y., Prokudyn, Yu. N. et al. 1999. *Opredelytel vysshykh rastenyy Ukrainy* [Determinant of higher plants]. Kyiv, Fytosotsyosentr, 548 p. (in Russian).

Ermakova, O. O., Kazey, A. P., Kuzmych, O. T. 1990. *Akkumulyatsiya radionuklidov v lekarstvennykh rasteniyakh lesnykh fitotsenozov* [Accumulation of radionuclides in medicinal plants of forest phytocenoses]. In: *Osnovy organizatsii i vedeniya lesnogo khozyaystva v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya: tez. dokl. Vsesoyuz. nauch.-prakt. konf.* [Basis for the organization and management of radioactively-contaminated forests]. Gomel, p. 28 (in Russian).

Ermakova, O. O., Kuzmych, O. T., Kazey, A. P. 1995. *Osobennosti nakopleniya radionuklidov razlichnymi vidami napochvennogo pokrova v lesnykh fitotsenozakh v zavisimosti ot urovnya radioaktivnogo zahryazneniya pochv* [Peculiarities of accumulation of radionuclides by various species of soil cover in forest phytocenoses depending on the level of radioactive contamination of soils]. In: *Radyoaktivnoe zahryazneniye rastitelnosti Belarusi (v svyazi s avariey na Chernobyl'skoy AES)* [Radioactive contamination of vegetation in Belarus (due to the accident at the Chernobyl nuclear power plant)]. Minsk, Nauka i tekhnika, p. 129–189 (in Russian).

Hihiyenichnyy normatyv pytomoyi aktyvnosti radionuklidiv ^{137}Cs ta ^{90}Sr u roslynniy likarskiy syrovyni (substantsiyi), shcho vykorystovuyetsya dlya vyhotovlennya likarskykh zasobiv: HN 6.6.1-159-2008 [Hygienic standard of specific activity of radionuclides of ^{137}Cs and ^{90}Sr in plant medicinal raw material (substance), which is used for production of medicinal drugs: HN 6.6.1-159-2008]. 2008. Kyiv, MOZ, 6 p. (in Ukrainian).

Lakin, H. F. 1990. *Biometriya* [Biometry]. Moscow, Vysshaya shkola, 352 p. (in Russian).

Mosyakin, S. L. and Fedoronchuk M. M. 1999. *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist.* Kyiv, 345 p.

Orlov, O. O. 2013. *Rozpodil ^{137}Cs v ekosystemi skladnogo vilkhovoho lisu u volohomu suhrudi Ukrayinskoho Polissya* [Distribution of ^{137}Cs in the ecosystem of complex alder forest in moist fairly fertile site type in Ukrainian Polissya]. In: *Dovkilliya Ukrainy. Radioekolohiya-2013. Chornobyl-Fukusima. Naslidky: nauk.-prakt. konf. v ramkakh mizhnar. Forumu* [Environment of Ukraine. Radioecology-2013. Chornobyl-Fukusima. Consequence: scientific and Practical Conference]. Zhytomyr, ZhDU im. I. Franka, p. 16–21 (in Ukrainian).

Orlov, A. A. and Krasnov, V. P. 1997. *Intensivnost nakopleniya ^{137}Cs vidami zhivogo napochvennogo pokrova dubovykh i sosnovo-dubovykh lesov v sugrudakh Ukrain'skogo Poles'ya: klassifikatsiya, ordinatsiya, zakonomernosti* [Intensity of Cs-137 accumulation by species of living ground cover of oak and pine-oak forests in sugruds of Ukrainian Polesye: classification, ordination, regularities]. *Problemy ekolohyy lesov y lesopol'zovanyya v Poles'e Ukrainy* [Problems of ecology and forest use on Polissya of Ukraine], 4: 25–35 (in Russian).

Orlov, O. O., Tarasevich, O. V., Zborovska, O. V., Zhukovskiy, O. V., 2013. *Intensyvni akumulyatsiyi ^{137}Cs vydamy travyano-chaharnychkovoho yarusu dubovo-sosnovykh lisiv u volohykh suhrudakh Zhytomyr'skoho Polissya* [Intensity of accumulation of ^{137}Cs by species of grass-dwarf-shrub layer of oak-pine forests in wet sugruds of

Zhytomyr Polissya]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya* [Forestry and Forest Melioration], 123: 178–186 (in Ukrainian).

Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennya radiatsiynoyi bezpeky Ukrainy: z0552-05 [Basic Sanitary Regulations for Ensuring of Radiation Safety of Ukraine: z0552-05]. 2005. Kyiv, MOZ, 116 p. (in Ukrainian).

Rysin, L. P. and Rysina, H. P. 1987. Morfostruktura podzemnykh organov lesnykh travyanistykh rasteniy [Morphostructure of underground organs of forest herbaceous plants]. Moscow, Nauka, 207 p. (in Russian).

Shcheglov, A. Y. 1999. Byogeokhimiya tekhnogennykh radionuklidov v lesnykh ekosistemakh: po materialam 10-letnikh issledovaniy v zone vliyaniya avarii na ChAES [Biogeochemistry of technogenous radionuclides in forest ecosystems: based on 10-year research in the zone of impact of accident on Chornobyl NPP]. Moscow, Nauka, 268 p. (in Russian).

Orlov O. O., Zhukovskiy O. V., Zborovska O. V., Shevchuk V. V., Levkivskiy O. V.

RESULTS OF THE THIRD MONITORING STAGE OF ^{137}Cs ACCUMULATION BY SPECIES OF GRASS-DWARF-SHRUB LAYER OF OAK-PINE FORESTS IN MOST FAIRLY FERTILE SITES WITHIN ZHYTOMYR POLISSYA

Polisskiy Branch of Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotskiy

The study was carried out in July, 2018, on experimental plot laid down in moist oak-pine relatively fertile site type. Accumulation of ^{137}Cs by 45 species of vascular plants of grass-dwarf-shrub layer was investigated. It was found that in the massif of our data, the diapason of the mean values of ^{137}Cs transfer factor (TF) from the soil to aboveground phytomass were from $0,18 \pm 0,024 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10^{-3}$ in *Vaccinium myrtillus* to $5,90 \pm 0,873 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10^{-3}$ in *Dryopteris filix-mas*. Within the studied data massif, according to the mean TF values, plant species were distributed into 9 homogeneous groups, however taxonomically heterogeneous. It was shown that representatives of the largest families were distributed among different homogeneous groups on experimental plot. The distribution was determined by the depth of placing the plants' root systems in the soil. It was found that the mean values of TF for ^{137}Cs from the soil to aboveground phytomass for the majority of the species continued to decrease during 2014–2018. The order of the species in the ranked row has also changed according to the mean values of TF.

К е у в о р д с : specific activity, density of radioactive ground deposition, radionuclide accumulation intensity.

Орлов А. А., Жуковский О. В., Зборовская О. В., Шевчук В. В., Левковский А. В.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТРЕТЬЕГО ЭТАПА МОНИТОРИНГА АККУМУЛЯЦИИ ^{137}Cs ВИДАМИ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА ДУБОВО-СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ВО ВЛАЖНЫХ СУГРУДКАХ ЖИТОМИРСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого

Исследования проведены в июле 2018 г. на стационаре, заложенном в условиях влажного дубово-соснового сугрудка. Изучена аккумуляция ^{137}Cs 45 видами сосудистых растений травяно-кустарничкового яруса. Выявлено, что в массиве данных диапазон средних значений КП ^{137}Cs из почвы в надземную фитомассу составлял от $0,18 \pm 0,024 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у черники до $5,90 \pm 0,873 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ у щитовника мужского. Исходя из средних значений КП, в исследуемом массиве данных виды распределились на 9 однородных дисперсионных групп, разнородных, однако, в таксономическом отношении. Показано, что представители наибольших семейств на стационаре распределились по разным однородным группам, что определяется глубиной расположения их корневых систем в почве. Выявлено, что средние значения КП ^{137}Cs из почвы в надземную фитомассу большинства исследованных видов на протяжении 2014–2018 гг. продолжали уменьшаться, также изменился порядок видов в ранжированном ряду, построенном по средним значениям КП.

К л ю ч е в ы е с л о в а : удельная активность, плотность радиоактивного загрязнения почвы, интенсивность аккумуляции радионуклида.

E-mail: orlov.botany@gmail.com

Одержано редколегією: 30.10.2018