

УДК 551.521

О. О. ОРЛОВ, О. В. ТАРАСЕВИЧ, О. В. ЗБОРОВСЬКА, О. В. ЖУКОВСЬКИЙ*

ІНТЕНСИВНІСТЬ АКУМУЛЯЦІЇ ^{137}Cs ВИДАМИ ТРАВ'ЯНО-ЧАГАРНИЧКОВОГО ЯРУСУ ДУБОВО-СОСНОВИХ ЛІСІВ
У ВОЛОГИХ СУГРУДАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

Поліський філіал УкрНДІЛГА ім. Г.М. Висоцького, м. Житомир

Проведено аналіз значень коефіцієнта переходу ^{137}Cs з ґрунту до надземної фітомаси 63 видів трав'яно-чагарничкового ярусу вологих дубово-соснових сугрудів. За результатами досліджень виділено 13 дисперсійних груп видів за інтенсивністю акумуляції цього радіонукліда. Показано, що середні значення коефіцієнта переходу ^{137}Cs у досліджених видів знаходилися у діапазоні $6,90\text{--}0,19 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}\cdot 10^{-3}$. Зроблено висновок про те, що види лікарської сировини Держфармакопеї України у вивчених екологічних умовах можуть заготовлятися при щільності радіоактивного забруднення ґрунту ^{137}Cs від $346,82$ до 555 кБк/м^2 .

Ключові слова: вологі сугруди, трави, чагарнички, ^{137}Cs , коефіцієнт переходу, інтенсивність акумуляції радіонукліда.

Вступ. Трав'яно-чагарничковий ярус у вологих сугрудах є найбагатшим серед едатоців Житомирського Полісся. Зазвичай видова насиченість цього ярусу у цих екотопах становить $40\text{--}50$ видів/ 625 м^2 , а часом перевищує 60 видів/ 625 м^2 . До складу цього ярусу у вологих сугрудах входять ягідні види: *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Fragaria vesca* L., *Rubus saxatilis* L. Численні у таких умовах також види, внесені до Державної фармакопеї України [2–6], зокрема *Betonica officinalis* L., *Hypericum perforatum* L., *Origanum vulgare* L., *Digitalis grandiflora* Mill., *Achillea millefolium* L. та ін. Крім того, згадані екотопи використовують для випасу худоби, адже вони багаті кормовими видами трав, а саме: *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Trifolium medium* L., *Poa pratensis* L. та ін. Зважаючи на багатоцільове використання видів трав'яно-чагарничкового ярусу дубово-соснових лісів у таких умовах, доцільно проаналізувати інтенсивність акумуляції ними ^{137}Cs у сучасних умовах.

Аналітичний огляд. Інтенсивність акумуляції ^{137}Cs видами трав'яно-чагарничкового ярусу лісу у різних лісорослинних умовах залишається вивченою лише фрагментарно. Зокрема, О. О. Єрмакова зі співавторами [7] продемонструвала, що у Білорусі в умовах орлякової діброви *Vaccinium myrtillus* акумулювала ^{137}Cs з ґрунту у 5–6 разів слабше, ніж *Convallaria majalis* L. Також цими авторами був зроблений висновок про те, що питома активність ^{137}Cs у надземній фітомасі видів родини Liliaceae (у широкому розумінні) вище порівняно з видами родин Vacciniaceae та Rosaceae. Е. Henrich et al. [12] навели дані про те, що у смерекових лісах Австрії у вологих сугрудах максимальною інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs у надземній фітомасі відзначалися папороті, які утворювали такий ранжований ряд: *Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н.Р. Fuchs > *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott > *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. Однак італійські дослідники [13] наголосили на тому, що максимальні значення коефіцієнта переходу (КП) у згаданих екотопах визначені у *Athyrium filix-femina* (L.) Roth і були вищими за аналогічні показники папоротей роду *Dryopteris*. Білоруські дослідники [8] для свіжих соснових сугрудів навели такий ранжований ряд родин судинних рослин за інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs у надземній фітомасі: Polygonaceae, Liliaceae, Asteraceae > Geraniaceae > Scrophulariaceae > Ranunculaceae > Rosaceae > Poaceae > Juncaceae > Vacciniaceae > Rufoaceae > Primulaceae > Ariaceae. В Україні подібні дослідження у сосново-дубових сугрудах проведено О. О. Орловим, В. П. Красновим [10]. Цими дослідниками продемонстровано, що середні значення КП ^{137}Cs у видів трав'яно-чагарничкового ярусу лісу знаходилися у діапазоні від $46,58 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}\cdot 10^{-3}$ у *Dryopteris carthusiana* до $0,94 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}\cdot 10^{-3}$ у *Geranium sanguineum* L. Зроблено висновок про те, що більшість видів (близько 40) у досліджуваних екологічних умовах належали до групи слабого накопичення згаданого радіонукліда, із середніми значеннями КП від $9,92$ до

* © О. О. Орлов, О. В. Тарасевич, О. В. Зборовська, О. В. Жуковський, 2013

$1,10 \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1} 10^{-3}$. Слід зазначити, що згадане дослідження було проведене у 1994 р., тобто 19 років тому, саме тому наведені вище дані потребують суттєвої актуалізації.

Об'єкти та методика. Дослідження проведено у 2013 р. на постійній пробній площі у кв. 49, вид. 16 Повчанського лісництва ДП «Лугинське ЛГ» Житомирського ОУЛІМГ, у вологих дубово-соснових сугрудах С₃ДС. На пробній площі деревостан мав склад 4Дз6Сз+Бп+Ос, вік 65 років, повноту 0,8. Підріст деревних порід був розріджений, 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* та *Pteridium aquilinum*. Постійними видами, які мали значне проективне покриття 3–5 %, були: *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt, *Potentilla alba* L., *Rubus saxatilis* L., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth та *Vaccinium myrtillus* L. Меншу участь у формуванні ярусу брали такі види, як *Monotropa hypopitys* L., *Trientalis europaea* L., *Sanicula europaea* L., *Centaurea phrygia* L., *Campanula trachelium* L. та ін. Представлений фітоценоз Querceto-Pinetum pteridioso-convallarioso-variatherbosum.

На пробній площі було визначено середню величину щільності забруднення ґрунту ¹³⁷Cs, для чого у 25 рендомізованих розташованих точках були відібрані зразки ґрунту: циліндричним буром, діаметром 5 см, на глибину 10 см. Ці зразки ґрунту були об'єднані по 5 шт. у збірні зразки, в яких у подальшому проводили всі вимірювання. На пробній площі надземну фітомасу кожного з 63 видів відбирали у трикратній повторності.

Показником інтенсивності акумуляції ¹³⁷Cs надземною фітомасою рослин з ґрунту є коефіцієнт переходу (КП), який розраховували як відношення питомої активності ¹³⁷Cs у фітомасі (Бк/кг) до щільності забруднення ґрунту радіонуклідом (As, кБк/м²), тому він мав загальнозживану розмірність – $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ [11].

Всі зразки висушували у сушильних шафах до повітряно сухої ваги протягом 72 годин при температурі 80°C. Висушені зразки гомогенізували на пробопідготовлювачах ПРП та ПРГ, вміщували у вимірювальні посудини та зважували. Вимірювання питомої активності ¹³⁷Cs проводили на багатоканальному спектроаналізаторі СЕГ-001 «АКП-С» із 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 %.

Вміст ¹³⁷Cs у лікарських рослинах порівнювали з чинним «Гігієнічним нормативом питомої активності радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у рослинній лікарській сировині» [1].

Статистичний аналіз отриманих результатів проводили із застосуванням пакету Excel загальноприйнятими методами варіаційної статистики [9].

Результати та обговорення. Середні значення питомої активності ¹³⁷Cs в надземній фітомасі 63 видів трав'яно-чагарничкового ярусу наведено у табл. 1. Дані табл. 1 наочно демонструють, що на пробній площі навіть при значній щільності забруднення ґрунту ¹³⁷Cs (305,3 ± 14,83 кБк/м², або 8,25 Кі/км²) питома активність радіонукліда у надземній фітомасі вивчених видів не перевищувала 2107 ± 230,0 Бк/кг (*Athyrium filix-femina*), а у більшості видів – не перевищувала 300 Бк/кг. Такі порівняно незначні середні значення вмісту ¹³⁷Cs у рослинах при високій щільності радіоактивного забруднення ґрунту зумовлені значним багатством та піщано-пилуватим гранулометричним складом ґрунту на пробній площі.

Для кожного виду властивим було варіювання значень питомої активності ¹³⁷Cs у фітомасі. Наприклад, у *Athyrium filix-femina* мінімальний вміст радіонукліда становив 1670 Бк, а максимальний – 2450 Бк/кг ($V = 18,91 \%$; $p = 10,92 \%$); у *Carex pallescens* – 116 та 160 Бк/кг ($V = 15,99 \%$; $p = 9,23 \%$); *Peucedanum palustre* – 76 та 110 Бк/кг ($V = 19,50 \%$; $p = 11,26 \%$) відповідно. Для решти видів також була характерною ця закономірність (див. табл. 1). Значення питомої активності більше варіювали у видах-накопичувачах цезію: *Pteridium aquilinum* ($V = 43,43 \%$), *Maianthemum bifolium* ($V = 33,22 \%$), *Convallaria majalis*

($V = 32,64\%$), *Polygonatum odoratum* ($V = 33,15\%$), *Hypericum montanum* ($V = 34,96\%$). У слабких накопичувачах радіонукліда коефіцієнт варіювання зрідка перевищував 20 %, переважно не перевищував 15 %.

Таблиця 1

Середні значення питомої активності ^{137}Cs (Бк/кг) у надземній фітомасі видів трав'яно-чагарничкового ярусу у вологому сугруді ($A_s = 305,3 \pm 1 4,83$ кБк/м²)

№ з/п	Вид	Статистичні показники					
		<i>M</i>	<i>m</i>	min	max	<i>V</i> , %	<i>p</i> , %
1	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	2107	230,0	1670	2450	18,91	10,92
2	<i>Hylotelephium maximum</i> (L.) Holub	1262	79,8	1110	1380	10,95	6,32
3	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	1039	260,6	706	1553	43,43	25,07
4	<i>Melampyrum pratense</i> L.	881	89,0	710	1010	17,51	10,11
5	<i>Trientalis europaea</i> L.	864	41,4	790	933	8,29	4,79
6	<i>Monotropa hypopitys</i> L.	843	47,7	748	900	9,80	5,66
7	<i>Melampyrum nemorosum</i> L.	826	62,1	706	914	13,03	7,52
8	<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P.Fuchs	771	16,2	740	794	3,63	2,10
9	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	674	43,3	600	750	11,14	6,43
10	<i>Pulmonaria angustifolia</i> L.	562	45,4	476	630	13,98	8,07
11	<i>Cruciata glabra</i> (L.) Ehrend.	543	71,9	412	660	22,95	13,25
12	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	529	52,8	431	612	17,28	9,98
13	<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	476	91,2	329	643	33,22	19,18
14	<i>Knautia arvensis</i> L.	475	44,8	395	550	16,34	9,43
15	<i>Potentilla alba</i> L.	466	23,6	433	512	8,77	5,07
16	<i>Betonica officinalis</i> L.	430	59,0	335	538	23,75	13,71
17	<i>Convallaria majalis</i> L.	421	79,4	326	579	32,64	18,85
18	<i>Laserpitium prutenicum</i> L.	394	11,4	372	410	5,00	2,89
19	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	345	51,6	243	411	25,94	14,98
20	<i>Serratula tinctoria</i> L.	312	11,3	290	327	6,29	3,63
21	<i>Melittis sarmatica</i> Klokov	309	51,6	240	410	28,93	16,70
22	<i>Carex umbrosa</i> Host	299	34,6	238	358	20,09	11,60
23	<i>Hypericum perforatum</i> L.	291	46,6	222	380	27,72	16,00
24	<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	288	55,2	179	356	33,15	19,14
25	<i>Clinopodium vulgare</i> L.	285	25,9	244	333	15,76	9,10
26	<i>Hypericum montanum</i> L.	274	35,0	215	336	34,96	12,76
27	<i>Rubus saxatilis</i> L.	266	13,3	242	288	8,68	5,01
28	<i>Origanum vulgare</i> L.	248	29,0	200	300	20,25	11,69
29	<i>Digitalis grandiflora</i> Mill.	240	26,5	190	280	19,11	11,04
30	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	238	26,2	190	280	19,04	10,99
31	<i>Laserpitium latifolium</i> L.	237	31,5	200	300	23,01	13,28
32	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	235	10,7	214	250	7,92	4,57
33	<i>Sanicula europaea</i> L.	223	16,5	190	240	12,82	7,40
34	<i>Trifolium medium</i> L.	222	25,4	174	260	19,78	11,42
35	<i>Trifolium alpestre</i> L.	221	22,9	188	265	17,95	10,36
36	<i>Carex montana</i> L.	206	17,3	188	241	14,56	8,41
37	<i>Centaurea phrygia</i> L.	197	16,7	180	230	14,68	8,47
38	<i>Fragaria vesca</i> L.	195	28,9	139	236	25,72	14,85
39	<i>Galium intermedium</i> Schult.	192	15,9	165	220	14,37	8,30
40	<i>Ranunculus polyanthemos</i> L.	186	13,3	166	211	12,40	7,16
41	<i>Pilosella onegensis</i> Norrl.	183	19,0	158	220	18,00	10,39
42	<i>Agrimonia procera</i> Wallr.	167	17,0	144	200	17,69	10,21
43	<i>Pyrethrum corymbosum</i> L.	166	17,3	143	200	18,10	10,45
44	<i>Leucanthemum vulgare</i> L.	163	12,0	140	180	12,74	7,36

№ з/п	Вид	Статистичні показники					
		<i>M</i>	<i>m</i>	min	max	<i>V</i> , %	<i>p</i> , %
45	<i>Genista tinctoria</i> L.	161	12,1	140	182	13,02	7,52
46	<i>Anthriscus sylvestris</i> L.	157	13,6	133	180	14,98	8,65
47	<i>Campanula trachelium</i> L.	156	13,0	135	180	14,45	8,34
48	<i>Achillea millefolium</i> L.	154	24,1	118	200	27,08	15,63
49	<i>Carex pallescens</i> L.	138	12,7	116	160	15,99	9,23
50	<i>Campanula patula</i> L.	136	17,0	110	168	17,01	12,51
51	<i>Campanula persicifolia</i> L.	132	11,0	112	150	14,46	8,35
52	<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	130	9,9	118	150	13,21	7,63
53	<i>Geranium sanguineum</i> L.	124	6,3	112	133	8,82	5,09
54	<i>Peucedanum cervaria</i> (L.) Lapeyr.	117	18,8	85	150	27,88	16,10
55	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	112	10,7	94	131	16,47	9,51
56	<i>Carex spicata</i> Huds.	111	6,4	100	122	9,95	5,75
57	<i>Melica nutans</i> L.	110	7,2	96	120	11,35	6,56
58	<i>Poa palustris</i> L.	108	7,6	94	120	12,14	7,01
59	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	105	7,4	90	114	12,28	7,09
60	<i>Poa pratensis</i> L.	97	9,3	80	112	16,61	9,59
61	<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	96	8,1	80	107	14,65	8,46
62	<i>Peucedanum palustre</i> (L.) Moench	90	10,2	76	110	19,50	11,26
63	<i>Peucedanum oreoselinum</i> (L.) Moench	59	2,1	55	62	6,11	3,53

З даних рис. 1 випливає, що найбільшим із середніх значенням КП визначався *Athyrium filix-femina* – $6,90 \pm 0,753 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$, а найменшим – *Peucedanum oreoselinum* – $0,19 \pm 0,007 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Таким чином міжвидова різниця середніх значень КП у межах згаданого едотопу склала 36,3 разу. Цей показник є типовим для трав'яно-чагарничкового ярусу лісових фітоценозів. Методом однофакторного дисперсійного аналізу досліджені види було розділено на 13 однорідних дисперсійних груп за середніми значеннями КП (за інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs з ґрунту надземною фітомасою). Дисперсійні групи містять різну кількість видів та є різнорідними у таксономічному відношенні (див. рис. 1). Перша група складається з одного виду папоротей – *Athyrium filix-femina* з середнім значенням КП $= 6,90 \pm 0,753 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$, підвищене накопичення радіоцезію яким відмічалось й раніше.

Друга група складається з двох видів, середнє значення КП в цій групі – $3,77 \pm 0,431 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Цікавою в цій групі є підвищена акумуляція ^{137}Cs сукулентним видом *Hylotelephium maximum*, що нами відзначалося й у попередній період. Третя група містить 4 види – із середніми значеннями КП від $2,88 \pm 0,292 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Melampyrum pratense* до $2,71 \pm 0,204 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Melampyrum nemorosum* та середнім значенням КП по групі $2,80 \pm 0,090 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Обидва види роду *Melampyrum* є напівпаразитами, з поверхневими кореневими системами, належать до родини Scrophulariaceae, представникам якої притаманна інтенсивна акумуляція досліджуваного радіонукліда. Четверта група є однорідною у таксономічному відношенні і включає два види папоротей родини Dryopteridaceae, відомої підвищеною інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs . Середнє значення КП по згаданій групі дорівнює $2,37 \pm 0,099 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. П'ята група є найчисельнішою серед усіх груп за кількістю видів – 10 шт., в ній максимальне із середніх значень визначено у *Pulmonaria angustifolia* – $1,84 \pm 0,149 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$, а мінімальне – у *Hieracium umbellatum* – $1,13 \pm 0,169 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Середнє значення КП по цій групі становило $1,52 \pm 0,064 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Ця група є різнорідною у таксономічному відношенні – її утворюють види 9 родин – від Boraginaceae до Asteraceae. При цьому група включає види, відомі як накопичувачі ^{137}Cs в цих екологічних умовах – *Maianthemum bifolium*, *Convallaria majalis*, *Betonica officinalis*.

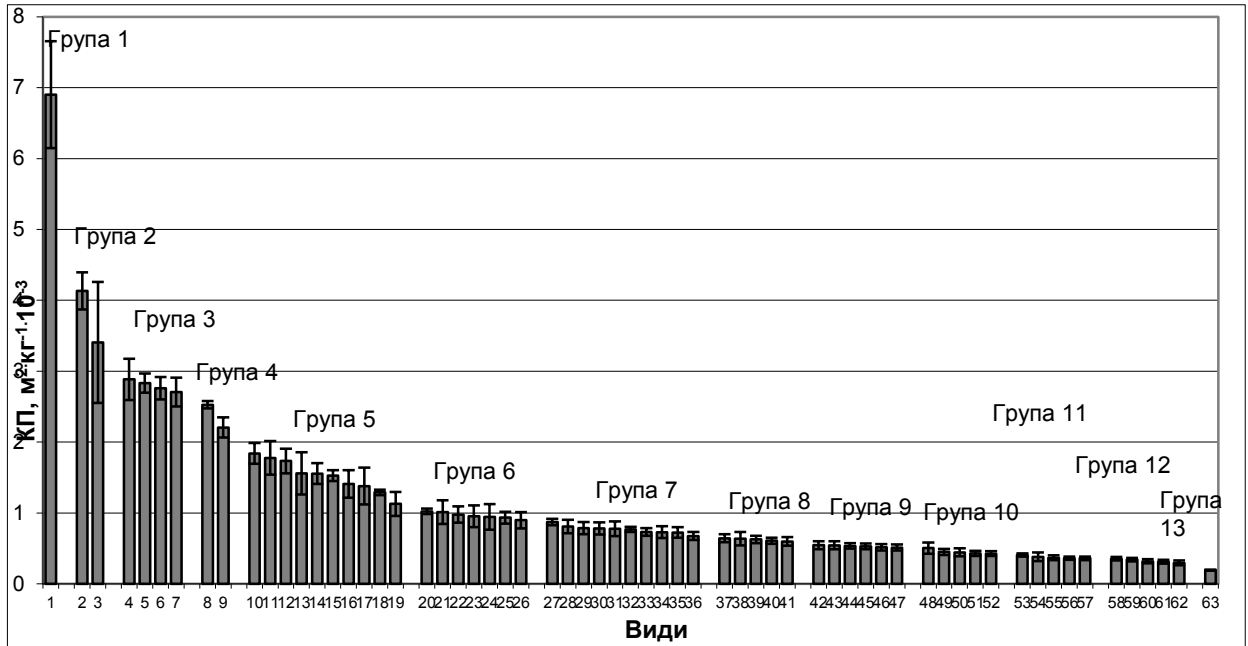


Рис. 1 – Середні значення КП ¹³⁷Cs з ґрунту до надземної фітомаси видів трав'яно-чагарничкового ярусу лісу у вологому сугруді

Умовні позначення:

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. <i>Athyrium filix-femina</i> | 33. <i>Sanicula europaea</i> |
| 2. <i>Hylotelephium maximum</i> | 34. <i>Trifolium medium</i> |
| 3. <i>Pteridium aquilinum</i> | 35. <i>Trifolium alpestre</i> |
| 4. <i>Melampyrum pratense</i> | 36. <i>Carex montana</i> |
| 5. <i>Trientalis europaea</i> | 37. <i>Centaurea phrygia</i> |
| 6. <i>Monotropa hypopitys</i> | 38. <i>Fragaria vesca</i> |
| 7. <i>Melampyrum nemorosum</i> | 39. <i>Galium intermedium</i> |
| 8. <i>Dryopteris carthusiana</i> | 40. <i>Ranunculus polyanthemus</i> |
| 9. <i>Dryopteris filix-mas</i> | 41. <i>Pilosella onegensis</i> |
| 10. <i>Pulmonaria angustifolia</i> | 42. <i>Agrimonia procera</i> |
| 11. <i>Cruciata glabra</i> | 43. <i>Pyrethrum corymbosum</i> |
| 12. <i>Potentilla erecta</i> | 44. <i>Leucanthemum vulgare</i> |
| 13. <i>Maianthemum bifolium</i> | 45. <i>Genista tinctoria</i> |
| 14. <i>Knautia arvensis</i> | 46. <i>Anthriscus sylvestris</i> |
| 15. <i>Potentilla alba</i> | 47. <i>Campanula trachelium</i> |
| 16. <i>Betonica officinalis</i> | 48. <i>Achillea millefolium</i> |
| 17. <i>Convallaria majalis</i> | 49. <i>Carex pallescens</i> |
| 18. <i>Laserpitium prutenicum</i> | 50. <i>Campanula patula</i> |
| 19. <i>Hieracium umbellatum</i> | 51. <i>Campanula persicifolia</i> |
| 20. <i>Serratula tinctoria</i> | 52. <i>Luzula pilosa</i> |
| 21. <i>Melittis sarmatica</i> | 53. <i>Geranium sanguineum</i> |
| 22. <i>Carex umbrosa</i> | 54. <i>Peucedanum cervaria</i> |
| 23. <i>Hypericum perforatum</i> | 55. <i>Vaccinium vitis-idaea</i> |
| 24. <i>Polygonatum odoratum</i> | 56. <i>Carex spicata</i> |
| 25. <i>Clinopodium vulgare</i> | 57. <i>Melica nutans</i> |
| 26. <i>Hypericum montanum</i> | 58. <i>Poa palustris</i> |
| 27. <i>Rubus saxatilis</i> | 59. <i>Vaccinium myrtillus</i> |
| 28. <i>Origanum vulgare</i> | 60. <i>Poa pratensis</i> |
| 29. <i>Digitalis grandiflora</i> | 61. <i>Molinia caerulea</i> |
| 30. <i>Pimpinella saxifraga</i> | 62. <i>Peucedanum palustre</i> |
| 31. <i>Laserpitium latifolium</i> | 63. <i>Peucedanum oreoselinum</i> |
| 32. <i>Calamagrostis arundinacea</i> | |

Шоста група складається з 7 видів, які належать до 5 родин, із середніми значеннями КП від $1,02 \pm 0,037 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Serratula tinctoria* до $0,90 \pm 0,115 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Hypericum montanum* та середнім значенням КП по групі – $0,96 \pm 0,042 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Численною є сьома група, яка, як

і п'ята, містить 10 видів із середніми значеннями КП від $0,87 \pm 0,044 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Rubus saxatilis* до $0,68 \pm 0,057 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Carex montana* та середнім значенням КП по групі $0,77 \pm 0,022 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Восьма група складається з 5 видів, які належать до 4 родин, із середніми значеннями КП від $0,64 \pm 0,055 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Centaurea phrygia* до $0,60 \pm 0,062 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Pilosella onegensis* та середнім значенням КП загалом по групі $0,62 \pm 0,025 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Дев'ята дисперсійна група складається з 6 видів, які належать до 5 родин, із середніми значеннями КП від $0,55 \pm 0,056 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Agrimonia procera* до $0,51 \pm 0,043 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ у *Campanula trachelium* та середнім значенням КП по групі загалом $0,53 \pm 0,016 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Групи 10–12 репрезентують види з дуже слабкою інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs (КП $\ll 1,0$). У десятій групі діапазон середніх значень КП – 0,51–0,43; в одинадцятій – 0,41–0,36; у дванадцятій – 0,35–0,30. Тринадцята група складається з одного виду – *Peucedanum oreoselinum*, який характеризується середнім значенням КП $= 0,19 \pm 0,007 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ та належить до родини Аріасеае, представники якої відзначаються слабким накопиченням досліджуваного радіонукліда.

Важливим питанням є статистичне оцінювання достовірності різниці середніх значень КП між виділеними однорідними групами видів. Таке оцінювання було проведено за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу, результати якого наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Результати дисперсійного аналізу суттєвості різниці середніх значень КП між виділеними однорідними групами видів за інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs

Дисперсійні пари	Статистичні показники			
	<i>n</i>	<i>F</i> _{факт.}	<i>F</i> _{0,95}	<i>p</i>
Група 1 – група 2	9	15,28	5,59	0,006
Група 2 – група 3	18	9,12	4,49	0,008
Група 3 – група 4	18	8,64	4,49	0,010
Група 4 – група 5	36	31,96	4,13	0,000
Група 5 – група 6	51	43,94	4,04	0,000
Група 6 – група 7	51	20,24	4,04	0,000
Група 7 – група 8	45	15,97	4,07	0,000
Група 8 – група 9	33	10,53	4,16	0,003
Група 9 – група 10	33	8,78	4,16	0,006
Група 10 – група 11	30	8,94	4,20	0,006
Група 11 – група 12	30	7,48	4,20	0,011
Група 12 – група 13	18	22,74	4,49	0,000

Дані табл. 2 свідчать, що між усіма виділеними однорідними дисперсійними групами існують достовірні відмінності на 5%-му рівні значущості. Найбільші статистичні відмінності виявлено між групами 4 та 5 ($F_{\text{факт.}} = 31,96 \gg F_{0,95}$), а також між групами 5 і 6 ($F_{\text{факт.}} = 43,94 \gg F_{0,95}$).

Загалом, аналіз таксономічного складу проаналізованих однорідних груп дає змогу стверджувати, що види найбільш представлених родин судинних рослин зазвичай входять до складу кількох однорідних груп. Наприклад, представники родини Rosaceae в дослідженому фітоценозі розподілилися по 4 групах: *Potentilla erecta*, *P. alba* – 5 група; *Rubus saxatilis* – 7 група; *Fragaria vesca* – 8 група; *Agrimonia procera* – 9 група; представники родини Lamiaceae – по 3 групах: *Betonica officinalis* – 5 група; *Melittis sarmatica* та *Clinopodium vulgare* – 6 група; *Origanum vulgare* – 7 група; представники родини Аріасеае – по 6 групах: *Laserpitium prutenicum* – 5 група; *Laserpitium latifolium*, *Sanicula europaea* та *Pimpinella saxifraga* – 7 група; *Anthriscus sylvestris* – 9 група; *Peucedanum cervaria* – 11 група; *Peucedanum palustre* – 12 група; *Peucedanum oreoselinum* – 13 група. У досліджуваному фітоценозі росли 7 видів родини Asteraceae, які розподілилися по 5 однорідних групах: *Hieracium umbellatum* – 5 група; *Serratula tinctoria* – 6 група; *Centaurea phrygia*, *Pilosella onegensis* – 8 група; *Pyrethrum corymbosum*, *Leucanthemum vulgare* – 9 група; *Achillea millefolium* – 10 група. Таким чином, правомірно констатувати, що навіть у межах однієї

родини судинних рослин виявлені суттєві міжвидові відмінності у накопиченні ^{137}Cs у надземній фітомасі. Цікаво також прослідкувати відмінності в акумуляції згаданого радіонукліда представниками одного роду. Так, 3 представники роду *Peucedanum* розподілилися по 3 однорідних групах (11–13); 3 представники роду *Campanula* – по 2 однорідних групах (9–10); 4 представники роду *Carex* – по 4- однорідних групах (6, 7, 10, 11). В інших родах представники увійшли до складу однієї групи: роду *Dryopteris* – групи 4; роду *Melampyrum* – групи 3; роду *Hypericum* – групи 6; роду *Poa* – групи 12.

Також нами вивчено акумуляцію ^{137}Cs видами лікарської сировини у дослідженому едатопі та визначено граничні значення щільності забруднення ґрунту цим радіонуклідом, за яких можливо отримати нормативно чисту у радіаційному відношенні лікарську сировину (табл. 3).

Таблиця 3

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

Лікарська сировина	Середнє значення КП, $\text{м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$	Граничний вміст ^{137}Cs , Бк/кг [1]	Гранична щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs для заготівлі лікарської сировини	
			кБк/м ²	Ки/км ²
<i>Potentilla erecta</i> , корені	1,73	600	346,82	9,37
<i>Potentilla alba</i> , трава	1,53	500	326,80	8,83
<i>Betonica officinalis</i> , трава	1,41	500	354,61	9,58
<i>Convallaria majalis</i> , трава	1,38	500	362,32	9,79
<i>Melittis sarmatica</i> , трава	1,01	500	495,05	13,38
<i>Hypericum perforatum</i> , трава	0,95	500	526,32	14,22
<i>Origanum vulgare</i> , трава	0,81	500	555,00 (617,28)	15,00*
<i>Digitalis grandiflora</i> , трава	0,79	500	555,00 (632,91)	15,00*
<i>Fragaria vesca</i> , трава	0,64	500	555,00 (781,25)	15,00*
<i>Achillea millefolium</i> , трава	0,51	500	555,00 (980,39)	15,00*
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> , пагони	0,37	500	555,00 (1351,35)	15,00*
<i>Vaccinium myrtillus</i> , пагони	0,34	600	555,00 (1764,71)	15,00*

* Граничну щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs визначено з урахуванням Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» від 19.12.1991. У дужках вказано розрахункову щільність забруднення ґрунту для заготівлі ліксовини.

Дані табл. 3 свідчать, що, зважаючи на невисокі середні значення КП ^{137}Cs з ґрунту до лікарської сировини видів у проаналізованому едатопі, заготівля нормативно чистої у радіаційному відношенні ліксовини в ньому може проводитися при значних величинах щільності забруднення ґрунту згаданим радіонуклідом – від 326,80 кБк/м² у трави *Potentilla alba* до 526,32 кБк/м² у трави *Hypericum perforatum*. Однак 6 видів лікарської сировини, які визначаються мінімальними середніми величинами КП, можна заготовляти при дуже високих щільностях забруднення території – від 617,28 кБк/м² у трави *Origanum vulgare* до 1764,71 кБк/м² в олістяних пагонів *Vaccinium myrtillus*. Однак, оскільки господарське використання території, в т. ч. вкритої лісом, допускається лише за щільності радіоактивного забруднення ґрунту ^{137}Cs не вище ніж 555,0 кБк/м², гранична щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs для заготівлі згаданих 6 видів лікарської сировини становить саме цю величину.

Цікавим і практично важливим питанням є порівняння даних, отриманих нами у 2013 та 1994 рр. [10] на цій пробній площі – через 19 років. Аналіз даних свідчить, що у жодного з досліджених видів не відбулося збільшення середнього значення КП, натомість цей показник значно зменшився. Зникла група помірного накопичення ^{137}Cs ($50 > \text{КП} > 10 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$). Види, які її утворювали, суттєво зменшили інтенсивність акумуляції радіонукліда та перейшли до групи слабого його накопичення. Так, максимальне значення КП у 1994 р. визначено у *Dryopteris carthusiana* – $46,6 \pm 2,80 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$, а мінімальне – у *Geranium sanguineum* – $0,9 \pm 0,20 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$, що є вищим у цих видів порівняно з 2013 р. у 18,4 та 2,3

разу відповідно. Виявлено загальну закономірність більш суттєвого зменшення у досліджуваній період середніх значень КП у видів-накопичувачів (5–15 разів) порівняно з видами слабкої акумуляції радіонукліда (1,5–3 рази). Зменшення середньої величини КП у всіх досліджених видів відбулося переважно за рахунок необмінної сорбції ^{137}Cs у ґрунті. Ранжований ряд видів за середніми значеннями КП зазнав значних змін. На якісному рівні група видів-накопичувачів залишилася без значних змін складу, однак порядок видів у ній змінився. Значні зміни також відбулися у порядку видів у слабких накопичувачів радіонукліда. Зазначені відмінності у ранжованих рядах видів у 1994 та 2013 рр. зумовлені переважно глибиною розташування їхніх кореневих систем у ґрунті. Зокрема, види з більш глибокими кореневими системами (5–10 см) мали тенденцію до відносного збільшення значень КП порівняно з видами, коренева система яких є поверхневою (1–3 см), що й мало відповідний відбиток на їхнє положення у ранжованих рядах.

Висновки.

1. Найбільшим із середніх значенням КП характеризувався *Athyrium filix-femina* – $6,90 \pm 0,753 \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1} 10^{-3}$, а найменшим – *Peucedanum oreoselinum* – $0,19 \pm 0,007 \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1} 10^{-3}$, міжвидова різниця середніх значень КП у межах едатопу становить 36,3 разу.

2. Види трав'яно-чагарничкового ярусу лісу у фітоценозі Querceto-Pinetum pteridioso-convallarioso-variabosum розподілилися між 13 однорідними групами, статистична різниця середніх значень КП між якими була суттєвою та достовірною.

3. Більшість однорідних груп за величиною КП виявилися різнорідними у таксономічному відношенні.

4. Представники однієї родини судинних рослин були присутніми у кількох однорідних групах.

5. Заготівля нормативно чистої у радіаційному відношенні ліксіровини в дослідженому едатопі може проводитися за щільності забруднення ґрунту ^{137}Cs від $326,80 \text{ кБк/м}^2$ (трава *Potentilla alba*) до $555,00 \text{ кБк/м}^2$ (пагони *Vaccinium myrtillus*).

6. Протягом 1994–2013 рр. суттєво зменшилися середні значення КП ^{137}Cs всіх досліджених видів і змінився порядок видів у ранжованих рядах, що зумовлено глибиною розташування їхніх кореневих систем у ґрунті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у рослинній лікарській сировині (субстанції), що використовується для виготовлення лікарських засобів : ГН 6.6.1-159-2008 / МОЗ. –Офіц. вид. – К., 2008. – 6 с.

2. Державна Фармакопея України / ДП «Науково-експертний фармакопейний центр». – 1-е вид. – Х. : РІРЕГ, 2001.

3. Державна Фармакопея України. Доповнення 1 / ДП «Науково-експертний фармакопейний центр». – 1-е вид. – Х. : РІРЕГ, 2004. – 520 с.

4. Державна Фармакопея України. Доповнення 2 / ДП «Науково-експертний фармакопейний центр». – 1-е вид. – Х. : РІРЕГ, 2008. – 620 с.

5. Державна Фармакопея України. Доповнення 3. – 1-е вид. – Х. : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2009. – 280 с.

6. Державна Фармакопея України. Доповнення 4. – 1-е вид. – Х. : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2011. – 540 с.

7. Ермакова О. О. Акумуляція радіонуклідів в лікарських рослинах лісних фітоценозів / О. О. Ермакова, А. П. Казей, О. Т. Кузьмич // Основы организации и ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения : Всесоюз. науч.-практ. конф. : тезисы докл. – Гомель, 1990. – С. 28.

8. Ермакова О. О. Особенности накопления радионуклидов различными видами напочвенного покрова в лесных фитосоценозах в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения почв / О. О. Ермакова, О. Т. Кузьмич, А. П. Казей // Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС) / [под общ. ред. В. И. Парфенова, Б. И. Якушева]. – Минск : Наука и техника, 1995. – С. 129–189.

9. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1973. – 348 с.

10. Орлов А. А. Интенсивность накопления Cs-137 видами живого напочвенного покрова дубовых и сосново-дубовых лесов в сугрудах Украинского Полесья: классификация, ординация, закономерности / А. А. Орлов, В. П. Краснов // Проблемы экологии лесов и лесопользования в Полесье Украины. – Науч. труды Полесской АЛНИС. – Вып. 4. – Житомир, 1997. – С. 25–35.

11. Щеглов А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС / А. И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 268 с.

12. The contamination of large Austrian Forest systems after the Chernobyl nuclear reactor accident: studies 1988 and further / [E. Henrich, M. Friederich, W. Haider et al.] // Transfer of radionuclides in natural and semi-natural environments / [Eds. G. Desmet, P. Nassimbeni, M. Belli.] – London – New York : Elsevier Applied Science, 1990. – P. 217–225.

13. The effect of microniches in a natural ecosystem on the radiocontamination of vascular plants / [P. L. Nimis, M. Tretiach, M. Belli, U. Sansone] // Transfer of radionuclides in natural and semi-natural environments/ [Eds. G. Desmet, P. Nassimbeni, M. Belli]. – London – New York: Elsevier Applied Science, 1990. – P. 84–93.

Orlov O. O., Tarasevich O. V., Zborovska O. V., Zhukovskiy O. V.

INTENSIVITY OF ACCUMULATION OF ^{137}Cs BY SPECIES OF GRASS-DWARF-SHRUB LAYER OF OAK-PINE FORESTS IN WET SUGRUDS OF ZHYTOMYR POLISSYA

Polisskiy Branch of URIFFM named after G. M. Vysotsky, Zhytomyr;

During the last 19 years ^{137}Cs accumulation by species of grass-dwarf-shrub layer of oak-pine forests in wet sugruds of Zhytomyr Polissya was't study. These phytocenoses are sources of some resources of berry, medicinal and also fodder plants, so an analysis of contemporary intensity of radionuclide accumulation by plants of mentioned above layer has practical importance.

Analysis of values of transfer factor (TF) of ^{137}Cs from the soil to aboveground phytomass of 63 species of grass-dwarf-shrub layer of wet oak-pine sugruds was carried out. Measurement of ^{137}Cs specific activity was carried out gamma-spectrometrically in air-dry samples. Values of transfer factor were calculated according to standard method.

As a result of study, 13 dispersing species groups were distinguished according to intensity of accumulation by plant species of this radionuclide. It was shown that the average TF ^{137}Cs values among investigated species were in diapazon of $6,90\text{--}0,19 \text{ m}^2\text{kg}^{-1}10^{-3}$. It was made a conclusion that species of plant medicinal raw of State Pharmacopoeia of Ukraine can be harvested on density of ^{137}Cs ground deposition from $326,80$ to 555 kBq/m^2 in these ecological conditions.

Conclusions.

1. The highest value from average values of TF of ^{137}Cs was in phytomass of *Athyrium filix-femina* – $6,90 \pm 0,753 \text{ m}^2\text{kg}^{-1}10^{-3}$, and the lowest one – in *Peucedanum oreoselinum* – $0,19 \pm 0,007 \text{ m}^2\text{kg}^{-1}10^{-3}$.

2. Species of grass-dwarf-shrub layer of forest accordinf with average TF values divided among 13 dispersing groups.

3. Harvesting of normatively radioactively clean medicinal raw in investigated ecotop can held on density of ^{137}Cs ground deposition from $326,80 \text{ kBq/m}^2$ for grass of *Potentilla alba* to $555,00 \text{ kBq/m}^2$ for shoots of *Vaccinium myrtillus*.

4. During 1994–2013 in all investigated species average values of TF essentially decreased, and also the order of plant species changed in ranged rows which is caused by the depth of localisation of their root systems in the soil.

К е у w o r d s : wet sugruds, grasses, dwarf-shrubs, ^{137}Cs , transfer factor, intensity of radionuclide accumulation.

Орлов А. А., Тарасевич А. В., Зборовская О. В., Жуковский О. В.

ИНТЕНСИВНОСТЬ АККУМУЛЯЦИИ ^{137}CS ВИДАМИ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА ДУБОВО-СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ВО ВЛАЖНЫХ СУГРУДАХ ЖИТОМИРСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Полесский филиал УкрНИИЛХА им. Г. Н. Высоцкого, г. Житомир;

Проведен анализ значений коэффициента перехода (КП) ^{137}Cs из почвы в надземную фитомассу 63 видов травяно-кустарничкового яруса влажных дубово-сосновых сугрудов. По результатам исследований выделены 13 дисперсионных групп видов по интенсивности аккумуляции данного радионуклида. Показано, что средние значения КП ^{137}Cs у исследованных видов находились в диапазоне $6,90\text{--}0,19 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Сделан вывод о том, что виды лекарственного сырья Госфармакопей Украины в изученных экологических условиях могут заготавливаться при плотности радиоактивного загрязнения почвы ^{137}Cs от $326,80$ до 555 кБк/м^2 .

К л ю ч е в ы е с л о в а : влажные сугруды, травы, кустарнички, ^{137}Cs , коэффициент перехода, интенсивность аккумуляции радионуклида.

e-mail: polysskiy_branch@ukr.net

Одержано редколегією 04.10.2013 р.