

## НАКОПИЧЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ У РОСЛИНАХ ТРАВ'ЯНО-ЧАГАРНИЧКОВОГО ЯРУСУ В УМОВАХ ВОЛОГИХ СУБОРІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

В.В. Мельник<sup>1</sup>, Т.В. Курбет<sup>1</sup>, І.К. Швиденко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Житомирський державний технологічний університет

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН

*Досліджено радіоактивне забруднення рослин трав'яно-чагарничкового ярусу соснових насаджень в умовах вологих суборів лісів Українського Полісся. Щільність радіоактивного забруднення ґрунту постійних пробних площ варіює у межах 148–440 кБк/м<sup>2</sup>. Виявлено значні коливання величин питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  для всіх досліджуваних видів — від 6166 до 171862 Бк/кг. Максимальний уміст  $^{137}\text{Cs}$  спостерігався у наземній фітомасі орляка звичайного, а мінімальний — у буяхів. Показники інтенсивності надходження  $^{137}\text{Cs}$  у наземну фітомасу трав'яно-чагарничкового ярусу досліджуваних видів варіювали у широких межах: коефіцієнт накопичення — 0,8–58,6, коефіцієнт переходу — 17–574 м<sup>2</sup>·кг<sup>-1</sup>·10<sup>-3</sup>. За результатами однофакторного дисперсійного аналізу рослини трав'яно-чагарничкового покриву за здатністю до акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  були віднесені до шести груп. За інтенсивністю накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у вологих суборах рослини розподілилися у такому ранжируваному ряді: орляк звичайний > перестріч лучний > верес звичайний > чорниця > молінія блакитна > брусниця > багно болотне > буяхи. Значення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у видах трав'яно-чагарничкового покриву мають тісний лінійний зв'язок з величиною щільності радіоактивного забруднення ґрунту.*

**Ключові слова:** радіонуклід,  $^{137}\text{Cs}$ , радіоактивне забруднення, питома активність, коефіцієнт переходу, наземна фітомаса.

У трав'яно-чагарничковому ярусі лісових екосистем Полісся України поширюється значна кількість лікарських, медоносних, ягідних та інших видів рослин, що можуть використовуватися людиною для власного вжитку та для промислової переробки. Внаслідок радіоактивного забруднення лісових масивів Українського Полісся у регіоні дотепер діє регламентація на використання та заготівлю продукції лісового господарства на площі 1141,6 тис. га, у т.ч. на площі 63,9 тис. га — взагалі заборонено лісогосподарську діяльність [1, 2]. Поряд із тим з часу аварії на ЧАЕС відбулися істотні зміни у радіаційній ситуації на всій території України, зокрема і у лісах. Це потребує уточнення встановлених раніше положень щодо можливості використання лісових рослин загалом та тих, що входять до складу трав'яно-чагарничкового ярусу.

Як відомо, під час аварії на ЧАЕС лісові екосистеми відіграли значну роль в

первинному затриманні радіонуклідів. З плином часу в них розпочалася вертикальна міграція радіоактивних елементів з крон дерев до живого надґрунтового покриву, лісової підстилки та ґрунту. Так, дослідники фіксували акумуляційну роль рослин трав'яно-чагарничкового ярусу, широкий діапазон їх радіоактивного забруднення та важливе значення у перерозподілі радіонуклідів у лісових біогеоценозах [1–5].

У перші 10–20 років після Чорнобильської катастрофи були встановлені чинники, що значною мірою вплинули на накопичення радіонуклідів рослинами трав'яно-чагарничкового ярусу, як-от: систематичне положення, життєва форма, утворення симбіозу з мікоризою грибів, глибина розміщення кореневої системи у ґрунті, тип ґрунту, мінералогічний та гранулометричний склад ґрунту, багатство (уміст мінерального азоту), вологість, кислотність (рН), уміст органічної речовини, обмінних  $\text{K}^+$  і  $\text{Ca}^{2+}$ , ізотопний склад радіоактивних випадінь, їх фізико-хімічні

властивості, форма і шлях надходження радіонуклідів до екосистеми [4–6, 13].

Вчені дійшли висновку, що найбільше у трав'яно-чагарничковому ярусі  $^{137}\text{Cs}$  акумулюють папоротеподібні, а найменше — вищі квіткові рослини; спостерігається значна міжвидова відмінність в акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  в одному типі лісорослинних умов; величина коефіцієнта переходу  $^{137}\text{Cs}$  тісно корелюється з типом лісового ґрунту, розподілом кореневих систем у глибину ґрунтового профілю, вмістом обмінних форм радіонуклідів у відповідних горизонтах; у гігоморфних ландшафтах накопичення  $^{137}\text{Cs}$  є на 1–2 порядки вищим, ніж у автоморфних; у межах одного едатопу спостерігається 5–6-кратна різниця мінімальних та максимальних значень коефіцієнта переходу  $^{137}\text{Cs}$  у наземну фітомасу рослин [2, 7–12].

Аналіз літературних джерел з вивчення радіоактивного забруднення рослин трав'яно-чагарничкового ярусу лісових екосистем засвідчив різний ступінь вивчення того чи іншого питання. Деякі проблеми залишилися поза увагою дослідників, інші вивчено фрагментарно, а частина потребує

більш поглибленого дослідження. До того ж більша частина публікацій була написана за результатами досліджень, проведеними у перші 20–25 років з часу аварії на ЧАЕС.

Метою досліджень було вивчення сучасного рівня радіоактивного забруднення  $^{137}\text{Cs}$  рослин трав'яно-чагарничкового ярусу соснових насаджень в умовах вологих суборів лісів Українського Полісся.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для встановлення рівня радіоактивного забруднення були досліджені види рослин, як-от: орляк звичайний (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), перестріч лучний (*Melampyrum pratense*), верес звичайний (*Calluna vulgaris* (L.) Hill.), молінія блакитна (*Molinia caerulea*), багно болотне (*Ledum palustre* L.), буяхи (*Vaccinium uliginosum* L.), брусниця (*Vaccinium vitis-idaea* L.) та чорниця (*Vaccinium myrtillus* L.). Дослідження проводили у 2016 р. на постійних пробних площах (ППП № 1–3), розташованих у Народицькому лісництві ДП «Народицьке спеціалізоване лісове господарство». Постійні пробні площі (розміром 100×100 м) закладали за стандартною методикою (табл. 1).

Таблиця 1

#### Характеристика постійних пробних площ

Показники	ППП № 1	ППП № 2	ППП № 3
Квартал/виділ	10/6	10/7	10/27
Тип лісорослинних умов	Вологий субір (В <sub>3</sub> )		
Вік, років	90	70	105
Склад насаджень	10 Сз		
Середня висота, м	27	24	26
Середній діаметр, см	36	28	38
Клас бонітету	1		
Підріст	Поодинокий		
Підлісок	Чітко виражений		
Проективне покриття трав'яно-чагарничкового ярусу, %	85–90	80–85	80–85
Проективне покриття мохового ярусу, %	80–85	85–90	75–85
Ґрунт	дерново-середньопідзолистий піщаний		
Асоціація	сосновий ліс крушиново-чорнично-зеленомоховий		

За визначеними варіантами на ППП у 3–5-кратній повторності відбирали досліджувані види трав'яно-чагарничкового ярусу. У місцях відбору рослин у п'яти точках (методом конверта) з глибини 15 см здійснювали відбір зразків ґрунту за допомогою циліндричного бура діаметром 57 мм. Усі зразки висушували до повітряно-сухого стану, подрібнювали та гомогенізували. Вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у зразках здійснювали на сцинтиляційному гамма-спектрометрі (GDM-20) із багатоканальним аналізатором імпульсів (АІ). Всього було проаналізовано 800 зразків, з яких 390 — зразки рослин та 410 — ґрунту. Відносна похибка вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у зразках не перевищувала 5%. Статистичну обробку отриманих даних проводили загальноприйнятими методами за допомогою прикладного пакета Microsoft Excel та Statistica 10.0.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На кожній пробній площі було встановлено певне коливання щільності радіоактивного забруднення ґрунту. Так, на ППП № 1 середнє значення вказаного показника становило  $263 \pm 57$  кБк/м<sup>2</sup>, що у 1,7 раза більше від мінімального ( $148$  кБк/м<sup>2</sup>) та у 1,5 раза менше від максимального ( $389$  кБк/м<sup>2</sup>) значень. Схожа ситуація спостерігалась і щодо інших пробних площ: ППП № 2 — щільність радіоактивного забруднення ґрунту була в межах  $150$ – $410$  кБк/м<sup>2</sup> (середнє значення становило  $284 \pm 69$  кБк/м<sup>2</sup>); ППП № 3 — середня величина щільності радіоактивного забруднення ґрунту —  $273 \pm 63$  кБк/м<sup>2</sup>, а коливання були у межах  $155$ – $440$  кБк/м<sup>2</sup>. Відсутність достовірної різниці між середніми значеннями щільності радіоактивного забруднення ґрунту на постійних пробних площах (ППП № 1–3) підтверджено результатами однофакторного дисперсійного аналізу  $F_{\text{факт.}} = 2,8 < F_{(2;409;0,95)} = 3,0$ .

Дослідження дає змогу встановити значні міжвидові коливання величин питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у наземній фітомасі різних видів рослин (табл. 2): максимальний уміст  $^{137}\text{Cs}$  спостерігався у фітомасі орляка

звичайного, а мінімальний — у буяхів. Відмінність між максимальними і мінімальними значеннями вказаного показника у досліджуваних видів на різних пробних площах зафіксовано у межах  $9,8$ – $28$  разів. Особливості концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у чагарничках родини брусничних зводяться до таких закономірностей: на ППП № 1 та 3 найвищим радіоактивним забрудненням характеризуються рослини чорниці, величини питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у яких становили  $19362 \pm 599$  та  $15435 \pm 632$  Бк/кг відповідно, що у середньому в  $1,3$ – $1,7$  раза більше від відповідного показника брусниці та буяхів.

На ППП № 2 величини накопичення  $^{137}\text{Cs}$  фітомасою брусниці та чорниці є майже однаковими, але вищими у  $1,8$  раза, ніж у буяхів. Уміст  $^{137}\text{Cs}$  у фітомасі перестрічу лучного на всіх пробних площах характеризується близькими показниками, що в середньому становить  $49838$  Бк/кг. Величини питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у рослин родини вересових мають такі особливості: на всіх пробних площах щодо вересу звичайного зафіксовано значно вищий (у  $2,4$ – $3,4$  раза) уміст цього радіонукліда, як і у наземній фітомасі багна болотного; щодо молінії блакитної — коливання значень питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  варіюють у діапазоні  $9997$ – $18047$  Бк/кг. Існування достовірної різниці між середніми значеннями питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  для досліджуваних видів на кожній пробній площі підтверджується результатами однофакторного дисперсійного аналізу за ППП: для № 1 —  $F_{\text{факт.}} = 1574 > F_{(7;104;0,95)} = 2,1$ ; № 2 —  $F_{\text{факт.}} = 735 > F_{(7;98;0,95)} = 2,1$ ; № 3 —  $F_{\text{факт.}} = 520 > F_{(7;183;0,95)} = 2,1$ .

На всіх ППП на тлі доволі однорідної щільності радіоактивного забруднення ґрунту коефіцієнти накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у наземній фітомасі трав'яно-чагарничкового ярусу варіювали у широких межах — від  $0,8$  до  $58,6$  (рис. 1). Так, для орляка звичайного значення коефіцієнта накопичення  $^{137}\text{Cs}$  на ППП № 1–3 варіювали у межах  $22,3$ – $58,6$ . Для рослин трав'яно-чагарничкового ярусу родини брусничних коефіцієнт накопичення визначався у межах  $0,8$ – $22,9$ . У

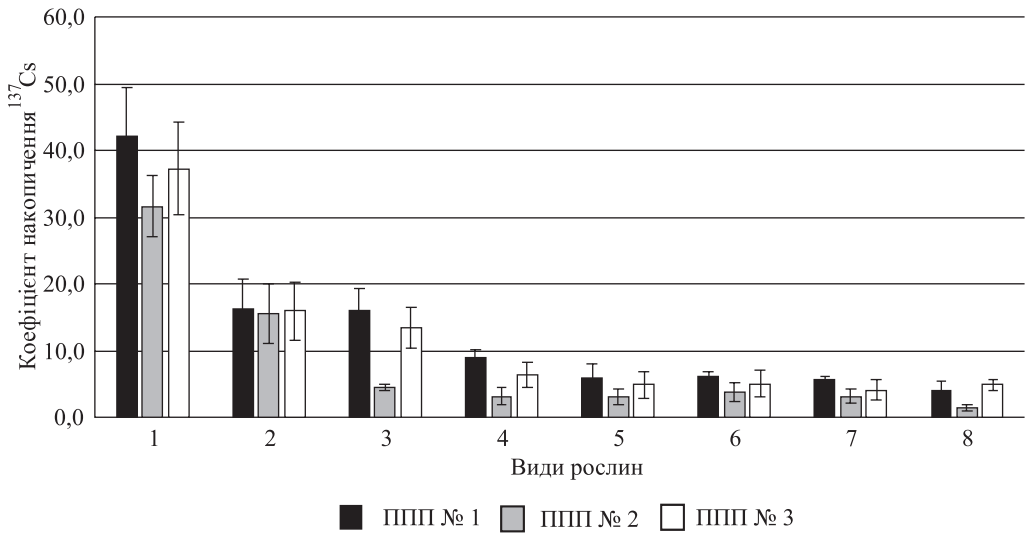
Таблиця 2

**Статистичні параметри величини питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у рослин трав'яно-чагарничкового ярусу вологих суборів Українського Полісся**

Види	Статистика				
	M	m	δ	V, %	P, %
ППП № 1					
Багно болотне	13839	75	237	1,7	0,5
Брусниця	13030	598	455	4,3	1,9
Буяхи	10695	204	2236	17,2	4,6
Верес звичайний	47498	1054	3497	7,4	2,2
Молінія блакитна	18047	137	389	2,2	0,8
Орляк звичайний	127895	1055	2983	2,3	0,8
Перестріч лучний	49470	520	1471	3,0	1,1
Чорниця	19362	599	3838	19,8	3,1
ППП № 2					
Багно болотне	12317	312	1249	10,1	2,5
Брусниця	11031	250	750	6,8	2,3
Буяхи	6166	183	635	10,3	3,0
Верес звичайний	32922	2766	7822	23,8	5,4
Молінія блакитна	9977	223	591	5,9	2,2
Орляк звичайний	171862	7527	19914	11,6	4,4
Перестріч лучний	50223	1268	3354	6,7	2,5
Чорниця	10556	375	2153	20,4	3,6
ППП № 3					
Багно болотне	12902	242	1235	9,6	1,9
Брусниця	12248	425	2038	16,6	3,5
Буяхи	10915	458	1448	13,3	4,2
Верес звичайний	31577	1190	2915	9,2	3,8
Молінія блакитна	15214	860	3331	21,9	5,7
Орляк звичайний	148413	6782	26266	17,7	4,6
Перестріч лучний	49821	635	2460	4,9	1,3
Чорниця	15435	632	5434	35,2	4,1

буяхів максимальне значення вказаного коефіцієнта становило 7,0, а мінімальне — 0,8. Щодо брусниці, середні значення коефіцієнта накопичення були у 1,2 раза меншими, ніж для чорниці, та у 1,5 раза більшими, ніж для буяхів.

Максимальні величини коефіцієнта накопичення є характерними для чорниці — 22,9 (мінімальні були у 12,7 раза меншими за максимальні значення). Для інших видів рослин спостерігаються подібні закономірності: для вереса звичайного та багна бо-



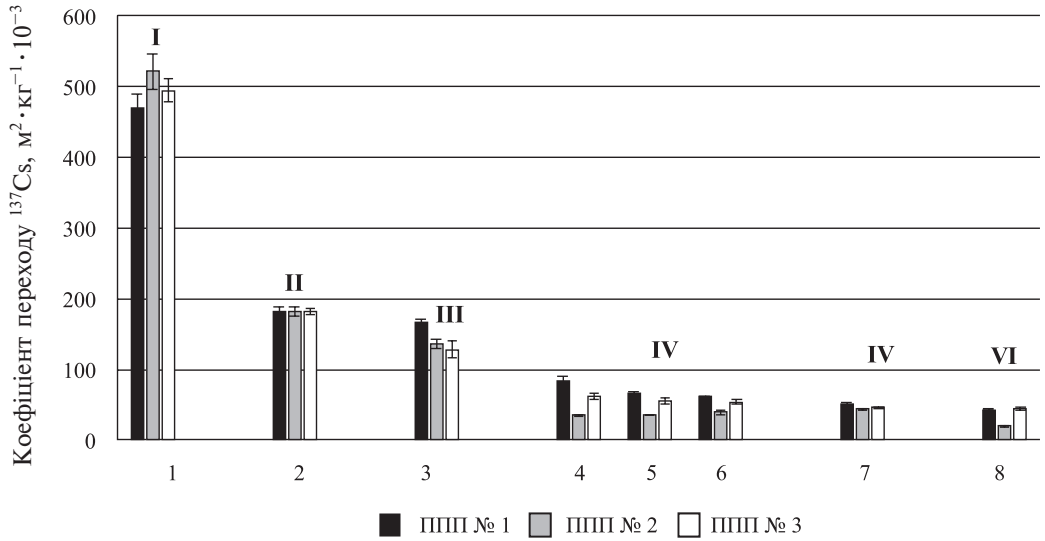
**Рис. 1.** Середні значення коефіцієнта накопичення <sup>137</sup>Cs у рослин трав'яно-чагарничкового ярусу вологого субору: 1 — орляк звичайний, 2 — перестріч лучний, 3 — верес звичайний, 4 — чорниця, 5 — молінія блакитна, 6 — брусниця, 7 — багно болотне, 8 — буяхи

лотного максимальні значення коефіцієнтів накопичення перевищували мінімальні у 3,7 раза; для молінії блакитної — у 6,4 раза. Середні значення коефіцієнтів накопичення для рослин трав'яно-чагарничкового ярусу лісів вологих суборів Українського Полісся на всіх пробних площах істотно відрізнялись, що підтверджується результатами однофакторного дисперсійного аналізу у розрізі ППП: № 1 —  $F_{\text{факт.}} = 1696 > F_{(7;110;0,95)} = 2,1$ ; № 2 —  $F_{\text{факт.}} = 178 > F_{(7;98;0,95)} = 2,1$ ; № 3 —  $F_{\text{факт.}} = 82 > F_{(7;183;0,95)} = 2,1$ . Крім того, нами було побудовано ранжируваний ряд досліджених видів за коефіцієнтом накопичення <sup>137</sup>Cs (у порядку його зменшення): орляк звичайний > перестріч лучний > верес звичайний > чорниця > брусниця > молінія блакитна > багно болотне > буяхи.

За всіма ППП нами були розраховані коефіцієнти переходу <sup>137</sup>Cs у системі «грунт — наземна фітомаса» для досліджуваних видів (рис. 2).

Слід зауважити, що за результатами однофакторного дисперсійного аналізу види наземної фітомаси трав'яно-чагарничкового покриву всіх трьох пробних площ були віднесені до шести груп, які істотно від-

різняються за інтенсивністю накопичення <sup>137</sup>Cs ( $F_{\text{ф}} \gg F_{0,95}$ ). Подібний розподіл було здійснено як за величиною накопичення, так і за значенням коефіцієнта переходу. Аналіз даних дає підстави зробити висновок, що мінімальні значення коефіцієнта переходу <sup>137</sup>Cs (VI група) спостерігались для буяхів ( $20-46 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ ), що належать до родини брусничних, а максимальні (I група) — для орляка звичайного ( $470-520 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ ). До II і III дисперсійних груп входять перестріч лучний та верес звичайний відповідно, ці види відносяться до різних родин за систематичним положенням і характеризуються значною інтенсивністю накопичення <sup>137</sup>Cs ( $200 > \text{КП} > 100$ ). До складу IV дисперсійної групи входять: молінія блакитна, брусниця та чорниця. Ця група характеризується меншою інтенсивністю накопичення <sup>137</sup>Cs ( $50 > \text{КП} > 100$ ), ніж попередня. До V дисперсійної групи належить багно болотне, для якого характерно помірне накопичення <sup>137</sup>Cs ( $50 > \text{КП}$ ). За результатами аналізу радіоактивного забруднення наземної фітомаси рослин трав'яно-чагарничкового ярусу побудовано ранжируваний ряд видів за інтенсивністю накопичення <sup>137</sup>Cs у



**Рис. 2.** Середні значення коефіцієнта переходу  $^{137}\text{Cs}$  у наземну фітотому рослин трав'яно-чагарничкового ярусу (I–VI групи) вологого субору Українського Полісся: 1 — орляк звичайний, 2 — перестріч лучний, 3 — верес звичайний, 4 — чорниця, 5 — молінія блакитна, 6 — брусниця, 7 — багно болотне, 8 — буяхи

вологих суборах: орляк звичайний > перестріч лучний > верес звичайний > чорниця > молінія блакитна > брусниця > багно болотне > буяхи.

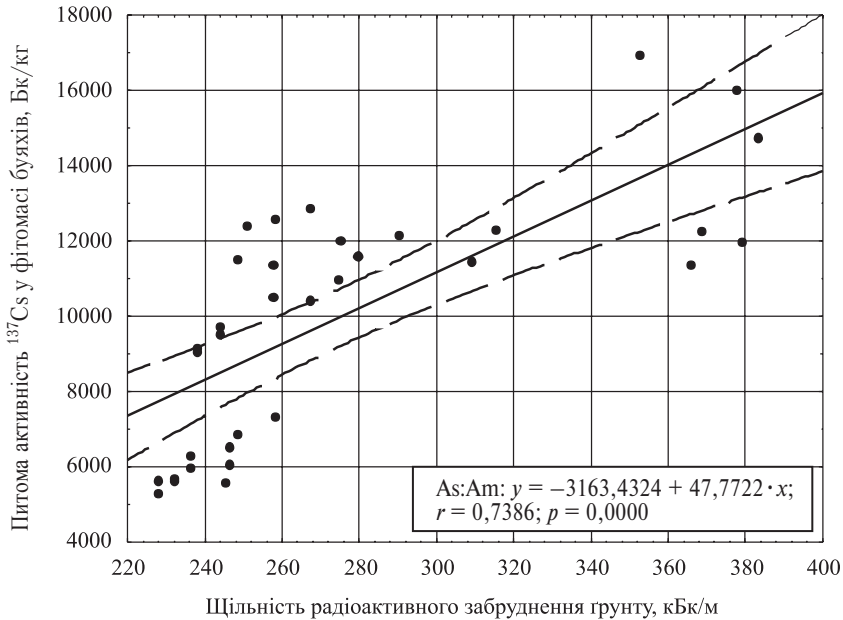
Для практичного застосування у межах всього масиву даних було проведено регресійний аналіз між величинами питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у видів трав'яно-чагарничкового ярусу та значеннями щільності радіоактивного забруднення ґрунту. Результати свідчать про існування тісного, прямопропорційного лінійного зв'язку між показниками для всіх досліджуваних видів — величини коефіцієнтів кореляції ( $r$ ) становили 0,72–0,86, а коефіцієнти значущості —  $p = 0,0000$ , що свідчить про високу достовірність зв'язку на 95%-у довірчому рівні. Використовуючи результати регресійного аналізу, можна розрахувати очікуваний уміст  $^{137}\text{Cs}$  за певних значень щільності радіоактивного забруднення ґрунту (рис. 3).

Так, при щільності радіоактивного забруднення ґрунту 37 кБк/м<sup>2</sup> розрахункове значення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  для

орляка звичайного становить 49853 Бк/кг, для буяхів у 134 рази менше — 373 Бк/кг. На основі отриманих регресійних рівнянь можна приймати рішення щодо заготівлі тієї чи іншої сировини з представників трав'яно-чагарничкового ярусу з урахуванням гранично допустимих рівнів (ДГН-2008). Наприклад, заготівля буяхів як лікарської сировини є можливою при щільності радіоактивного забруднення ґрунту менше 80 кБк/м<sup>2</sup>, а заготівлю орляка звичайного у вологих суборах доцільно заборонити загалом.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що максимальний уміст  $^{137}\text{Cs}$  спостерігається у наземній фітотомі орляка звичайного (149390 Бк/кг), а мінімальний — у буяхів (9258 Бк/кг). Відзначено міжвидові відмінності у величинах питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  для представників родини брусничних. За концентрацією  $^{137}\text{Cs}$  досліджувані види чагарникових можна розташувати у такому низхідному ряді: чорниця > брусниця > буяхи. Вели-



**Рис. 3.** Залежність питомої активності <sup>137</sup>Cs у фітомасі буяхів від щільності радіоактивного забруднення ґрунту

чини питомої активності <sup>137</sup>Cs для рослин родини вересових розподіляються так: радіоактивне забруднення вереса звичайного у 2,4–3,4 раза більше, ніж багна болотного.

У лісах Українського Полісся в умовах вологих суборів показники інтенсивності надходження <sup>137</sup>Cs у наземну фітомасу рослин трав'яно-чагарничкового ярусу варіюють у широких межах: коефіцієнт накопичення становить 0,8–58,6, коефіцієнт переходу –  $17-574 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . За інтенсивністю накопичення <sup>137</sup>Cs рослини трав'яно-чагарничкового ярусу можна навести за запропонованими дисперсійними групами (у низхідному порядку): I – орляк

звичайний; II – перестріч лучний; III – верес звичайний; IV – чорниця, молінія блакитна та брусниця; V – багно болотне; VI – буяхи.

Встановлено, що питома активність <sup>137</sup>Cs у рослинах трав'яно-чагарничкового ярусу має достовірний ( $p = 0,0000$ ), тісний ( $r = 0,72-0,86$ ), прямопропорційний лінійний зв'язок з величиною щільності радіоактивного забруднення ґрунту. Заготівля буяхів як лікарської сировини є можливою при щільності радіоактивного забруднення ґрунту менше ніж  $80 \text{ кБк/м}^2$ , а заготівлю орляка звичайного у вологих суборах доцільно заборонити загалом.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Краснов В.П.* Радіоекологія лісів Полісся України / В.П. Краснов. – Житомир: Волинь, 1998. – 112 с.
2. *Прикладная радиоэкология леса: монография* [В.П. Краснов, А.А. Орлов, В.О. Бузун и др.]; под ред. В.П. Краснова. – Житомир: Полісся, 2007. – 680 с.
3. *Булавик И.М.* Миграция <sup>137</sup>Cs в лесных экосистемах / И.М. Булавик, А.Н. Переволоцкий // Лес и Чернобыль. – Минск: МНПП «Стенер», 1994. – С. 7–42.
4. *Переволоцкий А.Н.* Распределение <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в лесных биогеоценозах / А.Н. Переволоцкий. – Гомель: РНИУП «Институт радиоекологии», 2006. – 256 с.
5. Роль лесных экосистем при радиоактивном загрязнении / А.И. Щеглов, О.Б. Цветнова // Природа. – 2001. – № 4. – С. 22–32.
6. *Куликов И.В.* Радиоэкология почвенно-растительного покрова / И.В. Куликов, И.В. Молчанова, Е.Н. Караева. – Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 154 с.



7. Розподіл <sup>137</sup>Cs у лісових екосистемах Полісся України / В.П. Краснов, Т.В. Курбет, М.Б. Корбут, О.Л. Бойко // *Агроекологічний журнал*. — 2016. — № 1. — С. 82–87.
8. Орлов О.О. Акумуляція <sup>137</sup>Cs видами трав'яно-чагарникового ярусу лісових екосистем: аналітичний огляд / О.О. Орлов // *Проблеми екології лісу і лісокористування на Поліссі України*. — 2005. — Вип. 5 (11). — С. 18–32.
9. Ермакова О.О. Радиоэкологический мониторинг аккумуляции <sup>137</sup>Cs в растениях живого надпочвенного покрова лесных ценозов / О.О. Ермакова // *Международ. конф. «Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях» (Москва, 24–26 апреля 2000 г.)*: Труды. — Т. 2. — СПб.: Гидрометеиздат, 2000. — С. 13–18.
10. Ермакова О.О. Акумуляція радіонуклідів рослинами живого надпочвенного покрову соснових фітоценозов / О.О. Ермакова, А.П. Казей, О.Т. Кузьмич // *Радиобиология: Съезд (Киев, 20–25 сентября 1993 г.)*: Тез. докл. — Ч. 1. — Пушкино, 1993. — С. 350.
11. Іпат'єв В.А. Радиоактивное загрязнение продукции лесного хозяйства в Беларуси / В.А. Іпат'єв, І.М. Булавик, А.М. Дворник // *Експресс-інформація*. — 1997. — Вип. 5. — С. 1–15.
12. Paul L. Field investigation of the effects of chemical treatments on the soil-to-plant transfer of radio-caesium: 1990–1993. WSA Report E 5232–R1. / L. Paul. — Epsom: WS Atkins Environment, 1995. — 92 p.
13. <sup>137</sup>Cs availability for soil to understory transfer in different types of forest ecosystems / S.V. Fesenko, N.V. Soukhova, N.I. Sanzarova et al. // *Sci. Total Environ.* — 2001. — Vol. 269. — P. 87–103.

## REFERENCES

1. Krasnov, V.P. (1998). *Radioekologiya lisiv Polissya Ukrainy [Radioecology of forest Polissya Ukraine]*. Zhytomir: Volyn [in Ukrainian].
2. Krasnov, V.P., Orlov, A.A. & Buzun, V.O. et al. (2007). *Prikladnaya radioekologiya lesa: monografiya [Applied radioecology of forest: monograph]*. Zhitomyr: Polissya [in Russian].
3. Bulavik, I.M., & Perevolotskii, A.N. (1994). Migration of <sup>137</sup>Cs in forest ecosystems. *Les i Chernobyl [Forest and Chernobyl]*. Minks: MNPP «Stener» [in Russian].
4. Perevolotskii, A.N. (2006). *Raspredelenie <sup>137</sup>Cs i <sup>90</sup>Sr v lesnykh biogeotsenozakh [Distribution of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in forest biogeocenoses]*. Gomel: RNIUP «Institut radioekologii» [in Russian].
5. Shcheglova, A.I. & Tsvetnova, O.B. (2001). Rol lesnykh ekosistem pri radioaktivnom zagryaznenii [The role of forest ecosystems in radioactive contamination]. *Priroda — Nature*, 4, 22–32 [in Russian].
6. Kulikov, I.V., Molchanova, I.V. & Karavaeva, E.N. (1990). *Radioekologiya pochvenno-rastitel'nogo pokrova [Radioecology of soil-vegetation cover]*. Sverdlovsk: UrO AN SSSR [in Russian].
7. Krasnov, V.P., Kurbet, T.V., Korbut, M.B. & Boyko, O.L. (2016). Rozpodil <sup>137</sup>Cs u lisovikh ekosistemakh Polissya Ukrainy [Distribution of <sup>137</sup>Cs in forest ecosystems of Polissya Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 82–87 [in Ukrainian].
8. Orlov, O.O. (2005). Akumulyatsiya <sup>137</sup>Cs vidami trav'yano-chagarnikovoogo yarusu lisovikh ekosistem: analitichnyi oglyad [Accumulation of <sup>137</sup>Cs by species of grass-shrub tier of forest ecosystems: analytical review]. *Problemi ekolohii lisiv i lisokorystuvannia na Polissia Ukrainy — Problems of forest ecology and forest use in the Polissia of Ukraine*, 5 (11), 18–32 [in Ukrainian].
9. Ermakova, O.O. (2000). Radioekologicheskii monitoring akkumulyatsii <sup>137</sup>Cs v rasteniyakh zhivogo nadpochvennogo pokrova lesnykh tsenozov [Radioecological Monitoring of <sup>137</sup>Cs Accumulation in Plants of the Wild Overlying Ground of Forest Cenoses]. *Radioactivity in Nuclear Explosions and Accidents '00: Mezhdunar. konf. (Moskva, 24–26 aprelya 2000 g.) — Intern. Conf. (Vol. 2, pp. 13–18)*. SPb: Gidrometeoizdat [in Russian].
10. Ermakova, O.O., Kazey, A.P. & Kuzmich, O.T. (1993). Akkumulyatsiya radionuklidov rasteniyami zhivogo napochvennogo pokrova sosnovikh fitotsenozov [Accumulation of radionuclides with plants of live ground cover of pine phytocenoses]. *Radiobiology '93: Syezd (Kiev, 20–25 Sentyabrya 1993 g.) — Congress*. (pp. 350). Pushchino [in Russian].
11. Іпат'єв, В.А., Булавик, І.М. & Дворник, А.М. (1997). Радиоактивное загрязнение продукции лесного хозяйства в Беларуси [Radioactive contamination of forestry products in Belarus]. *Експресс-інформація — Express information*, 5, 1–15 [in Russian].
12. Fesenko, S.V., Soukhova, N.V., Sanzarova, N.I., Avila R., Spiridonov, S.I. et al. (2001). <sup>137</sup>Cs availability for soil to understory transfer in different types of forest ecosystems. *Sci. Total Environ*, 269, 87–103 [in English].
13. Paul, L. (1995). *Field investigation of the effects of chemical treatments on the soil-to-plant transfer of radiocaesium: 1990–1993. WSA Report E 5232–R1*. Epsom: WS Atkins Environment [in English].

Отримано 09.11.2018