

УДК 630\*18:504.064.2(477.41)

М. М. Давидов, Т. І. Протас, М. П. Савущик

ДП “Київська лісова науково-дослідна станція”

Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації (ДП “КЛНДС”)

### НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ В ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТАХ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ КИЇВСЬКИХ ПОЛІССЯ ТА ЛІСОСТЕПУ

Наведено основні результати багаторічного експериментального вивчення динаміки розповсюдження радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в лісових екосистемах Київських Полісся та Лісостепу, що були забруднені внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

**Ключові слова:** радіоекологія, Чорнобильська атомна електростанція, лісові екосистеми, Київське Полісся, Київський Лісостеп.

Сучасний радіаційний стан лісів Київських Полісся та Лісостепу визначається двома головними факторами: вмістом радіонуклідів у ґрунтах, який сформувався внаслідок аварійних викидів Чорнобильської АЕС у 1986 році, та ступенем радіоактивного забруднення компонентів лісових екосистем та тваринного світу.

Ці фактори обумовлюють надходження радіонуклідів у нижній шар лісової підстилки та верхній шар гумусо-елювіального горизонту мінеральної частини ґрунту, де міститься більшість всмоктуючих коренів рослин.

Інтенсивність накопичення радіонуклідів у компонентах фітомаси рослин визначається ботанічною особливістю виду, а також агрохімічними та фізико-хімічними властивостями ґрунту, а саме: механічним та мінералогічним складом, кислотністю, вмістом органічних речовин, вологістю тощо.

Ліси зони Київського Полісся мають суттєві розбіжності за лісорослинними умовами та породним складом дерев порівняно з Київським Лісостепом, тому спостерігається відмінність коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з ґрунту до рослин, що обумовлює різний ступінь накопичення радіонуклідів фітомасою лісонасаджень.

**Об'єкти та методика досліджень.** Вивчення міграції  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в лісових екосистемах Київських Полісся і Лісостепу проводилось на постійних

пробних площах (ППП), які розташовані в типових у лісорослинному відношенні умовах цих зон. ППП розташовані на території Богуславського, Іванківського та Поліського держлісгоспів (ДЛГ) Київської області (табл. 1).

У лісових насадженнях Київського Полісся дослідження проводились у свіжих соснових досягаючих суборах. Дані кругообігу радіонуклідів в екосистемах Полісся порівнювались з розповсюдженням радіонуклідів у лісових змішаних грабово-дубових досягаючих насадженнях Лісостепу, що розташовані в Таращанському лісництві Богуславського ДЛГ.

Натурні та лабораторні дослідження радіаційного стану лісонасаджень проводили за загальноприйнятими методиками [2—5].

**Сучасний розподіл радіонуклідів у лісових ґрунтах.** Дослідження розподілу радіонуклідів у компонентах лісового біоценозу показали, що в лісових насадженнях основна частка сумарної активності радіонуклідів припадає на ґрунт та лісову підстилку. У лісовій підстилці виділяють три шари: верхній  $A_0L$  — опад; середній  $A_0F$  — слабо розкладена підстилка; нижній  $A_0H$  — сильно розкладена підстилка. В соснових насадженнях зазвичай наявні всі три шари, така лісова підстилка має товщину 5—7 см і є повнопрофільною. В листяних насадженнях певні шари лісової підстилки можуть бути відсутні.

Таблиця 1. Таксаційна характеристика об'єктів досліджень за даними лісовпорядження 1993—94 рр.

Код ППП	Місцезнаходження		Квартал/ділянка	Породний склад дерев <sup>1</sup>	Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Повнота	Бонітет	Тип лісу <sup>2</sup>	ЩПЗ <sup>3</sup> , кБк/м <sup>2</sup>	
	Держлісгосп	Лісництво									$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
I2	Іванківський	Оранське	18/4	10С	35	12	16	0,8	I	В <sub>2</sub> ДС	90	34
П12	Поліський	Котовське	19/5	7СЗБ	25	14	16	1,0	I	В <sub>2</sub> ДС	1600	12
БТ1	Богуславський	Таращанське	22/2	6Д2Я2Г+Лп	38	17	18	0,9	I	Д <sub>2</sub> ГД	260	22
БТ2	Богуславський	Таращанське	19/5	8Д1Я1Г	60	22	26	0,7	I	Д <sub>2</sub> ГД	170	16

Примітки:

1. Породний склад дерев — кількість дерев даної породи у групі з 10 дерев: С — сосна, Б — береза, Д — дуб, Я — ясен, Г — граб, Лп — липа.

2. Тип лісу: В<sub>2</sub>ДС — свіжий дубово-сосновий субір, Д<sub>2</sub>ГД — свіжа дубово-грабова діброва.

3. Щільність поверхневого забруднення (ЩПЗ) станом на 2001 р.

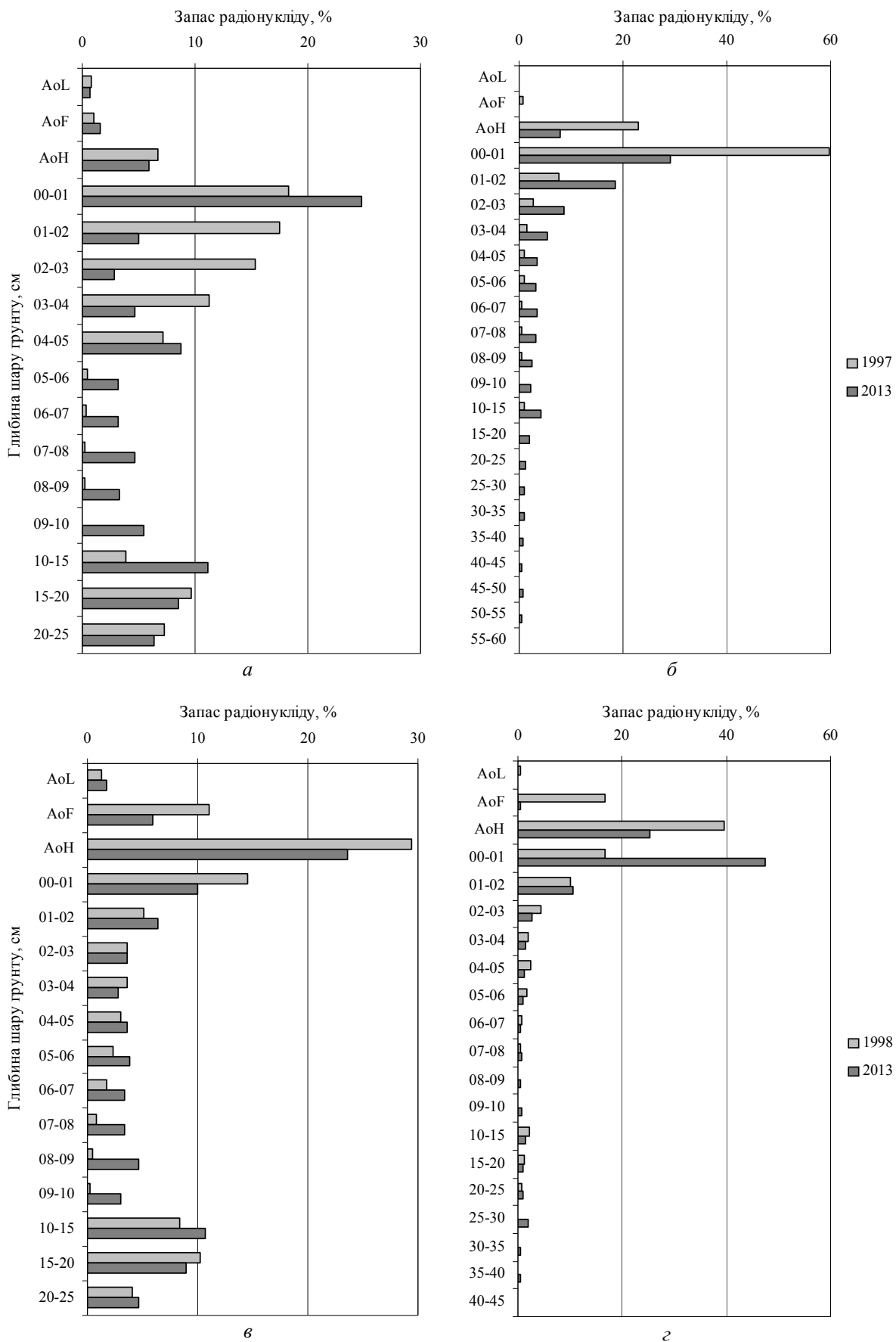


Рис. 1. Діаграми розподілу радіонуклідів  $^{90}\text{Sr}$  (а, в) і  $^{137}\text{Cs}$  (б, г) у свіжому дерновому слабопідзолистому піщаному ґрунті пробної площі П12 (а, б) та пробної площі І2 (в, г) у різні роки.

Таблиця 2. Динаміка перерозподілу <sup>137</sup>Cs та <sup>90</sup>Sr між лісовою підстилкою (П) та ґрунтом (Г) під сосновими насадженнями Київського Полісся, %

Рік спостереження	Пробна площа І2				Пробна площа ПІ2			
	<sup>137</sup> Cs		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		<sup>90</sup> Sr	
	П	Г	П	Г	П	Г	П	Г
1994	—	—	—	—	25,3	74,7	—	—
1997	52,3	47,7	—	—	44,6	55,4	31,9	68,1
2001	73,6	26,4	43,7	56,3	—	—	—	—
2002	38,7	61,3	60,4	39,6	—	—	—	—
2003	39,0	61,0	56,3	43,7	15,4	84,6	27,6	72,4
2008	14,4	85,6	14,5	85,5	4,1	95,9	2,9	97,1
2013	26,0	74,0	31,3	68,7	8,2	91,8	8,2	91,8

У шарах лісової підстилки відбувається повільна зміна перерозподілу запасу радіонуклідів, причому найбільша кількість радіонуклідів накопичується в сильно розкладеній підстилці.

Одночасно радіонукліди переміщуються з лісової підстилки переважно у верхній 0—2-сантиметровий шар ґрунту та мігрують вздовж ґрунтового профілю (рис. 1, табл. 2).

Як видно, за останні 15 років запас радіонуклідів у повнопрофільній підстилці лісових насаджень Київського Полісся зменшився на 15—25 % за рахунок того, що частина радіонуклідів перейшла у верхній 0—1-сантиметровий шар ґрунту.

Листяна підстилка лісонасаджень Київського Лісостепу містить незначну кількість радіонуклідів (0,4—0,6 % <sup>137</sup>Cs і 0,9—2,5 % <sup>90</sup>Sr) порівняно з валовим вмістом радіонуклідів у ґрунті (табл. 3).

Основна частина радіонуклідів <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr міститься у верхньому 0—10-сантиметровому шарі ґрунту та лісовій підстилці. У сірих лісових суглинистих ґрунтах ці радіонукліди мігрують вглиб інтенсивніше, ніж у дерново-підзолистих піщаних ґрунтах.

Якщо у дерново-підзолистих піщаних ґрунтах до 90 % <sup>137</sup>Cs і до 80 % <sup>90</sup>Sr містяться у верхньому 0—5-сантиметровому шарі ґрунту та у підстилці, то в сірих лісових ґрунтах <sup>137</sup>Cs розповсюдився глибше та накопичився у 0—10-сантиметровому шарі, а <sup>90</sup>Sr — у 0—15-сантиметровому шарі ґрунту. Сірі лісові ґрунти містять більше органічної речовини, а також мулистої фракції. Ці обидва чинники, як відомо, мають зменшувати інтенсивність міграції. Натомість у природних умовах, за рахунок біогенної міграції, спостерігається протилежний процес — вертикальна міграція в сірих лісових ґрунтах відбувається інтенсивніше.

Таблиця 3. Динаміка перерозподілу <sup>137</sup>Cs та <sup>90</sup>Sr між лісовою підстилкою (П) та ґрунтом (Г) під листяними насадженнями Київського Лісостепу, %

Рік спостереження	Пробна площа БТ1				Пробна площа БТ2			
	<sup>137</sup> Cs		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		<sup>90</sup> Sr	
	П	Г	П	Г	П	Г	П	Г
2002	0,4	99,6	2,5	97,5	0,6	99,4	1,4	98,6
2008	0,4	99,6	0,9	99,1	0,6	99,4	2,3	97,7

Водночас, внаслідок іонного обміну та процесів сорбції та десорбції, відбувається проникнення радіонуклідів у глибше лежачі шари ґрунту. Розподіл радіонуклідів вздовж ґрунтового профілю ( $q$ , (Бк/м<sup>2</sup>)/см) носить експоненційний характер і може бути описаний рівняннями стандартної дифузійної моделі виду

$$q(x,t) = \frac{Q}{\sqrt{4\pi Dt}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}}$$

або

$$q(x,t) = \frac{Qd}{\sqrt{4\pi D_m t}} e^{-\frac{x^2}{4D_m t}} + \frac{Q(1-d)}{\sqrt{4\pi D_b t}} e^{-\frac{x^2}{4D_b t}},$$

де  $x$  — глибина шару ґрунту, см;  $t$  — час з моменту забруднення ґрунту радіонуклідом, с;  $Q$  — повний запас радіонуклідів, Бк/м<sup>2</sup>;  $D$  — коефіцієнт квазі-дифузії, см<sup>2</sup>/с;  $d$  — повільна компонента міграції, частки;  $D_m$ ,  $D_b$  — коефіцієнти повільної та швидкої міграції, відповідно, см<sup>2</sup>/с.

У свіжому дерново-слабопідзолистому піщаному ґрунті лісорослинних умов Київського Полісся та у свіжих сірих лісових ґрунтах Київського Лісостепу <sup>90</sup>Sr показує більшу рухомість (табл. 4): він має більшу долю швидкої компоненти (1- $d$ ) і вище значення швидкої компоненти  $D_b$ . Його швидка компонента на порядок вища, ніж у <sup>137</sup>Cs, що відповідає збільшенню відносної кількості <sup>90</sup>Sr в 5—25-сантиметровому шарі ґрунту.

За даними коефіцієнтів квазідифузії шляхом варіювання часового параметру можна розрахувати розподіл радіонуклідів в ґрунті в наступні 30—50 років. Ці розрахунки показують, що головний запас <sup>137</sup>Cs (90 %) і <sup>90</sup>Sr (75 %) буде міститися в 0—25-сантиметровому коренезаселеному шарі ґрунту, отже головним механізмом очищення вищезгаданого шару ґрунту буде природний розпад цих радіонуклідів.

У листяних лісонасадженнях підстилка малопотужна та неповнопрофільна; отже, окремі шари підстилки можуть бути відсутні (табл. 5, 6).

Разом підстилка і верхній 0—5-сантиметровий шар дерново-слабопідзолистих лісових ґрунтів Полісся містять 70—90 % <sup>137</sup>Cs та 60—75 % <sup>90</sup>Sr. Найбільший запас радіонуклідів спостерігається в 1—2-сантиметровому шарі ґрунту — близько 30 % <sup>137</sup>Cs та близько 20 % <sup>90</sup>Sr.

Таблиця 4. Параметри дифузії <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr в ґрунтах Київського Полісся та Київського Лісостепу

Параметри дифузії	Київське Полісся		Київський Лісостеп	
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
$D_s \times 10^{-8}$ см <sup>2</sup> /с	0,22±0,04	1,0±0,6	2,6±0,1	15,1±2,2
$D_m \times 10^{-9}$ см <sup>2</sup> /с	1,1±0,3	0,5±0,1	23±10	150±21
$D_b \times 10^{-7}$ см <sup>2</sup> /с	0,10±0,04	1,0±0,4	0,4±0,2	1,5±0,2
$d$ , частки	0,59±0,01	0,5±0,1	0,71±0,16	0,84±0,06

Таблиця 5. Динаміка розподілу  $^{137}\text{Cs}$  вглиб ґрунтового профілю в лісонасадженнях Київського Полісся і Київського Лісостепу, %

Шар підстилки та ґрунту, см	Київське Полісся						Київський Лісостеп	
	1994	1997	2001	2003	2008	2013	2002	2008
A <sub>0</sub> L	0,01	0,05	0,02	0,50	0,10	0,05	0,04	0,01
A <sub>0</sub> F	1,10	2,25	3,70	3,70	0,90	0,40		
A <sub>0</sub> H	24,2	45,9	59,0	28,7	18,3	17,5	0,5	0,5
0—1	54,0	36,7	22,3	28,0	36,1	38,4	9,1	14,5
1—2	5,5	7,0	5,8	18,0	17,9	14,6	16,6	20,3
2—3	1,4	3,4	2,1	5,4	7,0	5,7	18,9	18,3
3—4	1,0	1,5	1,2	3,1	4,9	3,5	14,2	12,3
4—5	0,6	1,2	1,7	2,0	3,1	2,3	13,0	9,9
5—10	1,6	0,4	2,0	5,5	6,8	9,1	22,9	22,4
10—15	5,4	0,6	1,2	2,3	2,3	2,9	3,3	1,6
15—20	4,5	0,6	0,7	1,5	1,3	1,6	1,2	0,2
глибше 20	0,7	0,6	0,3	1,4	1,6	4,3	0,5	0,1

Підстилка і верхній 0—5-сантиметровий шар сірих лісових ґрунтів Лісостепу містить близько 70 %  $^{137}\text{Cs}$  і 40 %  $^{90}\text{Sr}$ . Найбільший запас радіонуклідів у 1—3-сантиметровому шарі ґрунту — 15—20 %  $^{137}\text{Cs}$  та 7—12 %  $^{90}\text{Sr}$ . При цьому  $^{90}\text{Sr}$  в ґрунтового профілі розподіляється рівномірніше, ніж  $^{137}\text{Cs}$ .

Діяльність зоо- та ентофауни і вплив коренів трав'яної рослинності суттєво впливають на перерозподіл радіонуклідів, особливо у верхньому 0—5-сантиметровому шарі лісового ґрунту, де заселеність цією фауною максимальна. Внаслідок цього впливу верхні шари ґрунту мають “пористу” структуру, яка зберігається тривалий час. Наявність таких “порожнин” призводить до зменшення запасу радіонуклідів в цих шарах ґрунту. При цьому  $^{90}\text{Sr}$  має більшу швидкість міграції, ніж  $^{137}\text{Cs}$ .

Таблиця 7. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у компонентах фітомаси сосни і берези на пробних площах І2 та П12 у 2013 р., Бк/кг

Компонент фітомаси	І2		П12			
	Сосна		Сосна		Береза	
	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$
Деревина без кори, низ	223	<10,0	134	2700	256	1240
Деревина без кори, середина	347	<10,0	108	2270	145	1100
Деревина без кори, верх	357	21,4	121	2820	144	1630
Деревина з корою, низ	336	32,8	137	3700	344	2120
Деревина з корою, середина	424	<10,0	150	3310	302	1410
Деревина з корою, верх	425	18,9	141	3360	293	1670
Хвоя (листя) 1-річна	491	66,0	109	35800	903	7140
Хвоя 2-річна	965	24,9	387	6320	—	—
Хвоя 3-річна	1340	68,5	791	6370	—	—
Пагони 1-річні	639	130	172	38900	900	4540
Пагони 2-річні	578	28,3	220	9590	—	—
Пагони 3-річні	1044	57,2	303	7230	—	—
Гілки	637	15,0	234	4890	471	1620

Таблиця 6. Динаміка розподілу  $^{90}\text{Sr}$  вглиб ґрунтового профілю у лісонасадженнях Київських Полісся і Київського Лісостепу, %

Шар підстилки та ґрунту, см	Київське Полісся						Київський Лісостеп	
	1997	1998	2001	2003	2008	2013	2002	2008
A <sub>0</sub> L	0,8	1,3	0,3	1,7	1,3	1,2	0,4	0,1
A <sub>0</sub> F	11,1	11,0	2,6	7,6	2,6	3,8		
A <sub>0</sub> H	30,1	33,9	40,8	26,8	4,9	14,9	1,7	1,6
0—1	18,3	14,6	12,5	22,3	35,1	17,4	6,1	10,2
1—2	7,5	5,1	6,0	7,3	8,3	5,7	9,5	9,7
2—3	6,5	3,6	3,2	6,7	3,7	3,2	8,1	7,2
3—4	3,5	3,6	2,5	4,6	2,1	3,8	6,9	6,7
4—5	1,3	3,1	2,8	3,9	1,9	6,2	6,9	6,3
5—10	5,2	1,1	11,0	9,5	9,3	18,9	28,7	26,0
10—15	3,8	8,3	6,1	5,8	16,8	10,9	11,2	11,8
15—20	9,7	10,3	9,1	2,2	8,5	8,7	11,0	10,5
глибше 20	2,2	4,1	3,1	1,7	5,7	5,5	9,9	10,0

**Сучасний розподіл радіонуклідів у компонентах фітомаси лісонасаджень.** Розглянувши розподіл радіонуклідів у біомасі лісонасаджень, відмітимо, що деревний полог лісонасаджень Полісся і Лісостепу утримує незначний відсоток активності радіонуклідів порівняно з їх загальним запасом в екосистемі: 5—15 %  $^{90}\text{Sr}$  і 5—10 %  $^{137}\text{Cs}$  залежно від бонітету і повноти насаджень — характеристик, які визначають кількість біомаси насаджень.

Інтенсивність накопичення радіонуклідів визначається коефіцієнтами переходу радіонуклідів у компоненти фітомаси лісонасаджень. У табл. 7 наведено середні значення питомої активності, а в табл. 8 — середні коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  до деревини на висоті 1,3 м (низ),  $\frac{1}{2}$  висоти (середина) і  $\frac{3}{4}$  висоти (верх) стовбура.

Таблиця 8. Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у компоненти фітомаси сосни і берези на пробних площах І2 та П12 у 2013 р., (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>)

Компонент фітомаси	І2		П12			
	Сосна		Сосна		Береза	
	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$
Деревина без кори, низ	11,2	<0,2	14,3	2,6	27,3	1,2
Деревина без кори, середина	17,4	<0,2	11,5	2,2	15,5	1,1
Деревина без кори, верх	17,9	0,4	12,9	2,8	15,4	1,6
Деревина з корою, низ	16,9	0,5	14,6	3,6	36,7	2,1
Деревина з корою, середина	21,3	<0,2	16,0	3,2	32,2	1,4
Деревина з корою, верх	21,4	0,3	15,0	3,3	31,2	1,6
Хвоя (листя) 1-річна	24,7	1,1	11,6	35,0	96,3	7,0
Хвоя 2-річна	48,5	0,4	41,3	6,2	—	—
Хвоя 3-річна	67,3	1,1	84,3	6,2	—	—
Пагони 1-річні	32,1	2,1	18,3	38,1	95,9	4,4
Пагони 2-річні	29,0	0,5	23,5	9,4	—	—
Пагони 3-річні	52,5	0,9	32,3	7,1	—	—
Гілки	32,0	0,2	24,9	4,8	50,2	1,6

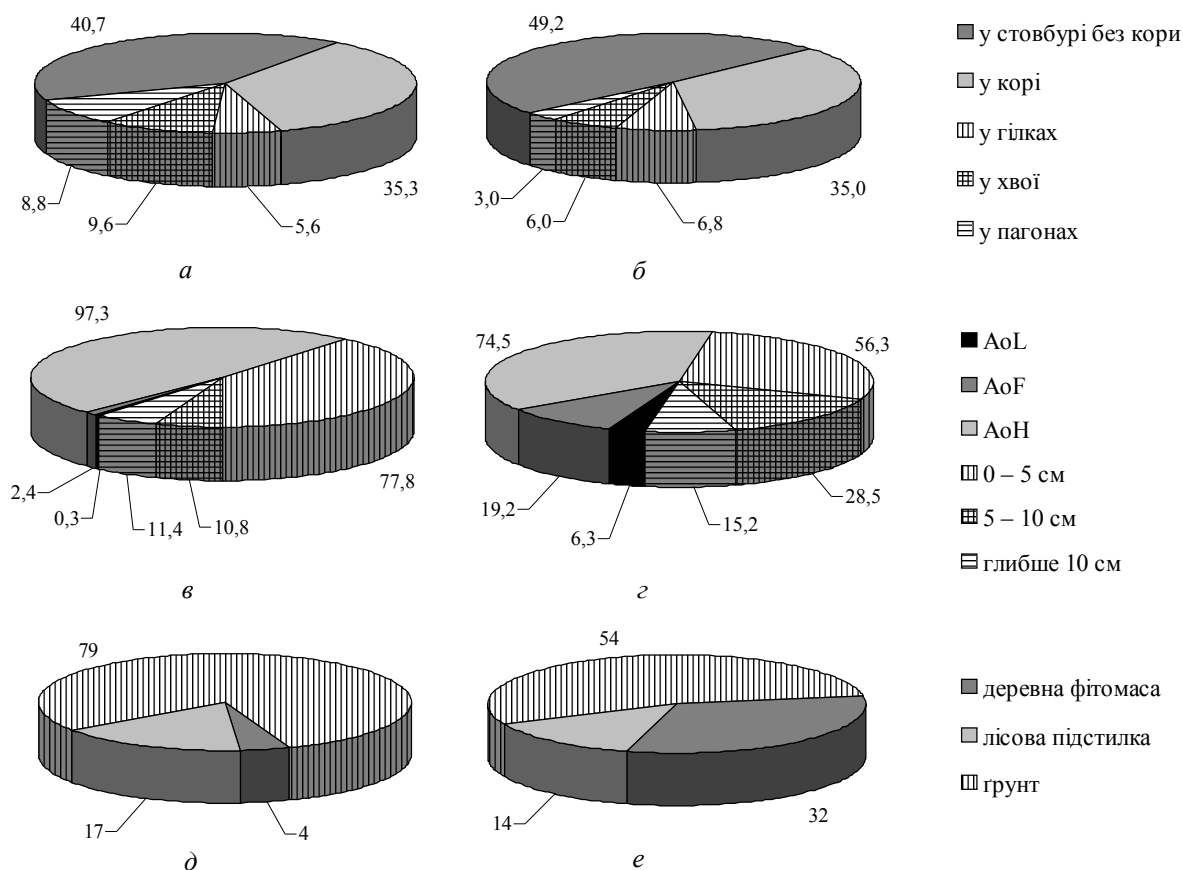


Рис. 2. Відносний розподіл  $^{137}\text{Cs}$  (a, в, д) і  $^{90}\text{Sr}$  (б, г, е), Київське Полісся, 2013 р., %:  
 а, б — у компонентах деревного пологу соснового насадження;  
 в, г — у ґрунті і лісовій підстилці соснового насадження;  
 д, е — між ґрунтом, лісовою підстилкою та деревною фітомасою соснового насадження

Розподіл  $^{90}\text{Sr}$  у компонентах фітомаси крони сосни відрізняється від відповідного розподілу  $^{137}\text{Cs}$ .  $^{137}\text{Cs}$  максимально накопичується у хвої та пагонах поточного року, його питома активність у цих компонентах більша за питому активність минулорічних приростів у 5—10 разів.  $^{90}\text{Sr}$ , навпаки, максимально накопичується в минулорічних приростах, його питома активність в них у 2—5 разів більша, ніж у приростах поточного року. Враховуючи те, що загальна фітомаса пагонів і хвої попередніх років в кілька разів більша, ніж фітомаса поточного року, можна зробити висновок, що міграція  $^{90}\text{Sr}$  в лісових екосистемах з опадом та подальший його кругообіг відбуваються інтенсивніше, ніж  $^{137}\text{Cs}$ .

Відносний розподіл радіонуклідів розраховувався у такий спосіб. За даними таксаційних вимірів, таких як повнота, середні висота і діаметр насадження (див. табл. 1), за Нормативами оцінки наземної фітомаси деревостанів [1] визначався запас компоненти  $[\text{кг}/\text{м}^2]$ . Множенням питомої активності радіонукліда в компоненті фітомаси  $[\text{Бк}/\text{кг}]$  на кількість

її на квадратному метрі пробної площі  $[\text{кг}/\text{м}^2]$  отримували величину запасу радіонуклідів у даній компоненті фітомаси на квадратному метрі  $[\text{Бк}/\text{м}^2]$ . Далі запаси радіонуклідів усіх компонент підсумовували та переводили у відносні одиниці. Аналогічно розраховувався розподіл запасу радіонуклідів у ґрунті та шарах підстилки, а також у деревостой (рис. 2).

У табл. 9 наведено коефіцієнти переходу радіонуклідів в окремі компоненти деревного намету головних лісових порід, що зростають в умовах свіжої дубово-грабової діброви Київського Лісостепу. Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в деревину дуба становлять близько  $0,1 (\text{Бк}/\text{кг})/(\text{кБк}/\text{м}^2)$ , а  $^{90}\text{Sr}$  —  $1,6 (\text{Бк}/\text{кг})/(\text{кБк}/\text{м}^2)$ . Відповідні значення коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  для деревини дуба, що зростає в умовах Київського Полісся, склали близько  $2,5 \dots 3,0 (\text{Бк}/\text{кг})/(\text{кБк}/\text{м}^2)$ , а  $^{90}\text{Sr}$  —  $8 \dots 10 (\text{Бк}/\text{кг})/(\text{кБк}/\text{м}^2)$ . Отже, надходження радіонуклідів в деревину головної породи дерева — дуба — в умовах Лісостепу в 2—4 рази менше, ніж в умовах Полісся.

Таблиця 9. Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  для окремих компонентів деревостану в умовах Київського Лісостепу у 2002 році, (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>)

Компонент деревостану	Граб		Дуб		Ясен	
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Деревина без кори	0,08±0,09	4,3±0,9	0,09±0,08	1,6±0,6	0,10±0,03	2,4±0,6
Кора	1,4±0,9	51,6±27,3	2,2±1,8	17,5±7,2	2,0±1,1	39,2±16,4
Луб	0,5±0,3	51,6±23,4	0,14±0,09	30±7	0,2±0,1	59,6±35,2
Гілки	0,12±0,02	29,2±0,7	0,11±0,01	6,6±1,7	0,10±0,02	17,1±7,8
Листя	0,56±0,08	25,7±8,9	0,6±0,1	5,1±0,8	0,4±0,1	22,2±5,5

Фітомаса найпоширеніших свіжих грабово-дубових лісів Київського Лісостепу (1-й бонітет, повнота 0,7—0,9) утримує в собі  $^{137}\text{Cs}$  від 0,2 % для середньовікових до 0,4 % для дозріваючих вікових груп валового запасу радіонуклідів у лісовій екосистемі і, відповідно, від 8 % до 11 %  $^{90}\text{Sr}$  (табл. 10). Ці значення дещо збільшуються (на 15—25 %), якщо до накопичення радіонуклідів надземною фітомасою насадження додати накопичення радіонуклідів кореневою системою дерев.

Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у деревину соснових лісонасаджень залишаються досі сталими, але запас  $^{137}\text{Cs}$  у лісонасадженнях збільшується за рахунок збільшення біомаси дерев з щорічним приростом (рис. 4). Коефіцієнти переходу  $^{90}\text{Sr}$  в деревину соснових лісонасаджень останнім часом мають тенденцію до зростання (рис. 4, а), особливо зросло забруднення  $^{90}\text{Sr}$  деревини берези (рис. 4, б).

## Висновки

1. Деревний полог соснового насадження утримує незначну частку радіонуклідів від їх загального запасу в екосистемі — 5...12 %  $^{90}\text{Sr}$  і 3...8 %  $^{137}\text{Cs}$  залежно від бонітету і повноти лісонасаджень, які визначають кількість біомаси насадження.

2. Середнє значення коефіцієнта переходу  $^{90}\text{Sr}$  з ґрунту до деревини сосни, яка зростає в найпоширеніших умовах для Київського Полісся — свіжих соснових суборах — 10 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>), а  $^{137}\text{Cs}$  — 1,2 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>).

Таблиця 10. Розподіл  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у компонентах деревостану в умовах Київського Лісостепу у 2002 р., %

Компонент деревостану	Пробна площа БТ1		Пробна площа БТ2	
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Стовбур у корі	0,2	5,6	0,4	7,9
Гілки у корі	0,02	2,1	0,02	2,7
Листя	0,01	0,4	0,01	0,5
Р а з о м	0,2	8,1	0,4	11,1
Ґрунт	99,8	91,9	99,6	88,9

3. Останні роки спостерігається тенденція стабілізації запасу  $^{137}\text{Cs}$  у фітомасі дерев і забруднення деревини головної лісоутворюючої породи Київського Полісся — сосни — залишається постійним.

4. Середнє значення коефіцієнта переходу  $^{90}\text{Sr}$  до деревини сосни за останні 15 років збільшилося майже вдвічі, а середнє значення коефіцієнта переходу  $^{90}\text{Sr}$  до деревини берези — майже в 10 разів.

5. Запас радіонуклідів  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  у деревній фітомасі продовжує більшати внаслідок надходження радіонуклідів з ґрунту та збільшення фітомаси з щорічним приростом.

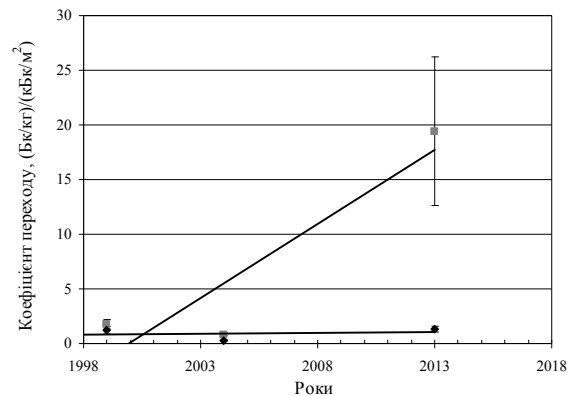
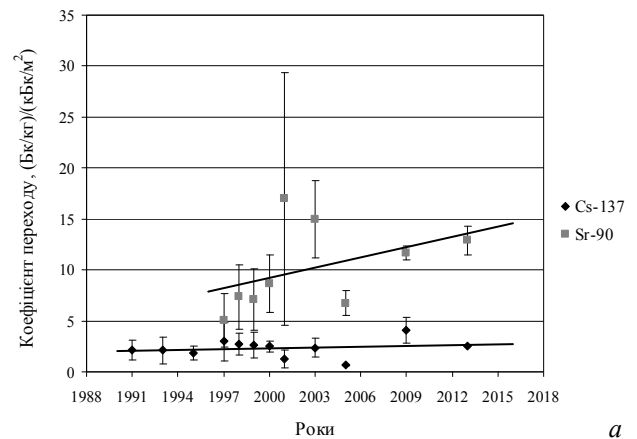


Рис. 3. Динаміка зміни коефіцієнтів переходу  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  до деревини сосни звичайної (а) та берези звичайної (б) з лінійними трендами в умовах свіжого дубово-соснового субору Київського Полісся

## Список використаної літератури

1. *Лакида П. И.* Фитомасса лесов Украины / П. И. Лакида. — Тернополь : Збруч, 2002. — 256 с.
2. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре : МИ 2143-91. — М. : НПО ВНИИФТРИ, 1991. — 17 с.
3. Методичні рекомендації з оцінки природної радіоактивності об'єктів навколишнього середовища : Затв. Головним державним санітарним лікарем УРСР 24.08.1987 р.
4. Активность бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах. Методика выполнения измерений с использованием сцинтилляционных спектрометров и программного обеспечения АК-1. — Киев : Атом-КомплексПрилад, 1998.
5. Методика визначення об'ємної та питомої активності бета-випромінюючих нуклідів у воді, продуктах харчування, рослинності та ґрунту методом прямого виміру "товстих проб" : Затверджена Держстандартом, Держагропромом, Головним державним санітарним лікарем СРСР. — 1987.

*Отримано 04.05.2014*