

Головко О. В., здобувач (Національний природний парк «Дермансько-Острозький», м. Острог)

ІНТЕНСИВНІСТЬ ПЕРЕХОДУ ^{137}Cs З ҐРУНТУ В ДЕРЕВНИЙ ЯРУС ЛІСОБОЛОТНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Проаналізовано особливості накопичення ^{137}Cs в лісоболотних екосистемах Західного Полісся України. Показано відсутність значимої різниці в накопиченні радіонукліду сосною звичайною в ряду типів умов місцезростання мокрі бори, мокрі субори, сирі субори. Для берези коефіцієнти переходу ^{137}Cs у всі органи і тканини знижувались в ряді сирі сугруди – сирі субори – мокрі бори – мокрі субори. Вільха інтенсивніше накопичувала радіонуклід в сирих сугрудах, ніж в мокрих суборах. Для всіх досліджених видів дерев максимальні значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs властиві асимілюючим органам та тканинам.

Ключові слова: Західне Полісся України, лісоболотна екосистема, радіонуклід, коефіцієнт переходу ^{137}Cs .

Вступ. Деревний ярус лісових боліт створює основу лісового середовища, є значним за масою та відіграє значну роль у біогеохімічних процесах у лісоболотних біогеоценозах. Його певні властивості, серед яких багаторічність та здатність до росту протягом усього періоду життя дерев, визначають також провідну роль даного ярусу у біогеохімії техногенних радіонуклідів, зокрема ^{137}Cs , в екосистемах лісових боліт.

Аналіз останніх досліджень. Радіоекологічні дослідження лісоболотних екосистем проводились для територій Росії та Білорусі, а також Центрального та Західного Полісся України. Переволоцький О. М. проаналізував основні закономірності накопичення ^{137}Cs та ^{90}Sr деревною рослинністю лісових біогеоценозів Білорусі, розташованих на різних відстанях від Чорнобильської АЕС [1]. Зокрема автором було досліджено вплив умов місцезростання на накопичення радіонуклідів в деревині основних лісоутворюючих порід в автоморфних та напівгідроморфних умовах. Зроблено загальний висновок, що у кожному типі лісорослинних умов порядок видів дерев за інтенсивністю акумуляції радіонуклідів є специфічним. Переволоцька Т. В. та співавтори дослідили вплив підтоплення на процеси переходу ^{137}Cs та ^{90}Sr в компоненти лісової екосистеми в Білоруському Поліссі та зро-

були висновок про зменшення коефіцієнта переходу (КП) ^{137}Cs для деревини сосни при зниженні рівня ґрунтових вод [2]. Щеглов О. І. проаналізував вплив ступеня зволоження ґрунту на КП ^{137}Cs та ^{90}Sr в структурні компоненти деревостану лісів Калузької та Брянської областей Росії та виявив, що відмінності в КП ^{137}Cs для сосни і берези, які зростають в автоморфних та гігоморфних ландшафтах, досягають 70-кратної величини [3]. Численні публікації присвячено питанням особливостей розподілу активності ^{137}Cs у лісових біогеоценозах Центрального та Західного Полісся [4; 5; 6]. Разом з тим, дані щодо інтенсивності накопичення радіонуклідів в фітомасі деревного ярусу в різних типах умов місцезростання суперечливі [1]. Тому вивчення особливостей накопичення ^{137}Cs по компонентах деревного ярусу лісоболотних біогеоценозів Західного Полісся – регіону, який є одним з найбільш постраждалих внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, є важливим завданням.

Метою дослідження було вивчення інтенсивності переходу ^{137}Cs з ґрунту в деревний ярус лісоболотних екосистем Західного Полісся.

Об'єкти та методика досліджень. Дослідження проведені в 2004-2011 рр. Пробні площі (ПП) закладені за стандартною методикою [7] у найбільш типових лісоболотних біогеоценозах в типах умов місцезростання (ТУМ) мокрі бори (A_5), сирі та мокрі субори (B_4 та B_5), сирі сугруди (C_4) відповідно [8]. На пробних площах були вивчені геоморфологічні особливості, флористичний склад, структура фітоценозу, ґрунти. Коротка характеристика закладених ПП наведена в таблиці 1.

За загальноприйнятою методикою [9] на кожній пробній площі був проведений суцільний облік дерев, за результатами якого були визначені головні таксаційні показники деревостану, в тому числі – параметри середнього модельного дерева. З модельних дерев кожного виду відбирали органи і тканини, зважували їх у польових умовах, потім з них відбирали зразки для спектрометричного аналізу. Зразки очосу і торфу непорушеної стратиграфії відбирали з трьох ґрунтових профілів торфовим буром Гіллера, колонками висотою по 10 см до глибини 100 см від денної поверхні. Питому активність ^{137}Cs у зразках ґрунту та рослинності визначали на багатоканальному спектроаналізаторі СЕГ-001 з сцинтиляційним детектором БДЕГ-20 Р2. Відносна похибка вимірювання складала 15-30%, в залежності від активності зразка.

Показником інтенсивності акумуляції ^{137}Cs видами наземної фітомаси з ґрунту слугував коефіцієнт переходу (КП), який розраховували за загальноприйнятою методикою [10] за формулою:

$$\text{КП} = A_m/A_s,$$

де КП – коефіцієнт переходу; A_m – питома активність ^{137}Cs у фітомасі, Бк/кг; A_s – щільність забруднення 40-см шару торфово-болотного ґрунту ^{137}Cs , кБк/м². Таким чином, в усіх випадках розраховані нами значення КП мали загальноприйнятну розмірність – м²кг⁻¹10⁻³. Для статистичної обробки експериментальних даних було використано стандартний пакет “Excel”.

Таблиця 1

Коротка характеристика пробних площ, закладених в лісоболотних екосистемах Західного Полісся

ТУМ	Індекс ПП	Ценоз
A ₅	8/20	<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Eriophorum vaginatum</i> + <i>Scheuchzeria palustris</i> + <i>Oxycoccus palustris</i> + <i>Sphagnum fallax</i> + <i>S. magellanicum</i>
A ₅	46/2	<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Eriophorum vaginatum</i> + <i>Oxycoccus palustris</i> + <i>Ledum palustre</i> + <i>Sphagnum fallax</i> + <i>S. magellanicum</i>
A ₅	7рзбо	<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Carex rostrata</i> + <i>Eriophorum vaginatum</i> + <i>Rhynchospora alba</i> + <i>Sphagnum fallax</i> + <i>S. magellanicum</i>
A ₅	8рзбо	<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Phragmites australis</i> + <i>Eriophorum vaginatum</i> + <i>Sphagnum fallax</i>
A ₅	1-10	<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Eriophorum vaginatum</i> + <i>Ledum palustre</i> + <i>Oxycoccus palustris</i> + <i>Sphagnum angustifolium</i> + <i>S. magellanicum</i>
A ₅	72	<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Eriophorum vaginatum</i> + <i>Oxycoccus palustris</i> + <i>Sphagnum magellanicum</i>
B ₅	27/3	<i>Betula pendula</i> + <i>Scheuchzeria palustris</i> + <i>Menyanthes trifoliata</i> + <i>Sphagnum fallax</i> + <i>S. magellanicum</i>
B ₅	10рзбо	<i>Betula pubescens</i> + <i>Carex lasiocarpa</i> + <i>Sphagnum obtusum</i>
B ₄	25рз	<i>Betula pubescens</i> + <i>Pinus sylvestris</i> + <i>Carex nigra</i> + <i>Sphagnum palustre</i> + <i>Polytrichum commune</i>
B ₄	5рзбо	<i>Betula pubescens</i> + <i>B. pendula</i> + <i>Salix cinerea</i> + <i>Carex lasiocarpa</i> + <i>herba varia</i>
C ₄	6рзбо	<i>Alnus glutinosa</i> + <i>Rubus plicatus</i> + <i>R. idaeus</i> + <i>herba varia</i>

Результати досліджень. Результати спектрометричного аналізу вмісту ^{137}Cs у зразках компонентів деревостанів показали значні коливання у накопиченні згаданого радіонукліду як різними тканинами та органами дерев тієї самої деревної породи, так і видові відмінності різних деревних порід. Оскільки значення КП є похідним від питомої активності, яка змінюється відповідно до тканини чи органу деревної рослини, а також щільності забруднення ґрунту ^{137}Cs , яка для всього дерева є константною, загальні закономірності розподілу величин КП в деревному ярусі співпадають з такими для питомої активності ^{137}Cs .

Нами було проведено аналіз особливостей інтенсивності накопичення радіонукліду в різних видах дерев, що зростають у різних типах умов місцезростання (табл. 2-4).

Як зазначалось, досліджені насадження зростають в гідроморфних та напівгідроморфних умовах, у ТУМ мокрий бір, мокрий суббір, сирий суббір, сирий сугруд. Переважаючими породами, залежно від ТУМ, були сосна звичайна, берези повисла та пухнаста, вільха чорна.

Дані табл. 2 демонструють подібний діапазон значень КП ^{137}Cs для сосни звичайної в мокрих борах, мокрих та сирих суборах для хвої однорічної, хвої дворічної, гілок тонких, гілок товстих, деревини без кори, кори внутрішньої. Відмічено більші значення КП в ТУМ B_4 в порівнянні з A_5 та B_5 для кори зовнішньої, шишок зелених, пагонів однорічних, пагонів дворічних. При цьому значення КП для цих органів в A_5 та B_5 знаходилися в одному діапазоні.

Береза зростала на досліджених пробних площах в ширшому діапазоні умов (табл. 3). Проведений аналіз даних таблиці демонструє, що ранжований ряд ТУМ за зниженням значень КП ^{137}Cs для всіх органів та тканин берези має вигляд: $C_4 > B_4 > A_5 > B_5$.

Вільха чорна зростала на досліджених пробних площах в мокрих суборах та сирих сугрудах (таблиця 4). В ТУМ B_5 діапазон значень КП в різних тканинах та органах даного виду становив від 1,35 для деревини до 4,79 для кори внутрішньої. Деяко більші значення КП відмічені в ТУМ C_4 , в якому значення КП в різних тканинах та органах вільхи знаходились у діапазоні від 0,7 для деревини до 7,29 для шишок зелених. Якщо порівняти значення КП для вільхи в досліджених ТУМ, то майже для всіх органів і тканин вказані значення в сирих сугрудах більші, ніж в мокрих суборах.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в тканини та органи сосни звичайної в різних ТУМ

ТУМ	№ ПП	$A_s, \text{кБк/м}^2$	Значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в тканини та органи, $\text{м}^2\text{кг}^{-1}\text{10}^{-3}$										
			Хвоя загальна	Хвоя 1-річна	Хвоя 2-річна	Пагони 1-річні	Пагони 2-річні	Гілки тонкі	Гілки товсті	Деревина без кори	Кора зовнішня	Кора внутрішня	Шишки зелені
A ₅	8-20	27,88	7,78	-	-	12,55	-	12,48	7,46	3,34	4,38	17,18	12,8
A ₅	46-2	31,60	6,46	-	-	12,47	-	5,0	6,33	2,34	3,92	17,47	13,07
A ₅	7рзбо	79,79	-	3,73	0,53	4,01	2,17	2,97	2,32	0,85	1,15	3,38	2,83
A ₅	8рзбо	49,14	-	6,7	1,57	7,02	5,15	3,03	1,34	0,67	1,83	3,99	7,43
A ₅	1-10	34,09	-	15,05	6,39	10,41	8,71	6,31	4,58	2,25	1,89	12,44	-
A ₅	72	66,26	-	2,72	1,36	15,39	-	2,38	1,66	1,04	1,81	7,55	-
B ₅	27/3	39,49	2,33	-	-	3,29	-	2,10	1,65	1,57	1,85	2,99	2,84
B ₅	10рзбо	44,44	-	20,97	10,13	14,87	8,24	6,41	8,01	2,27	2,39	19,91	-
B ₄	25рз	256,2	-	16,3	6,47	20,35	10,6	9,5	5,87	2,43	5,62	12,05	19,52

Значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в тканини та органи берези в різних ТУМ

ТУМ	№ ПП	A_s , кБк/м ²	Значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в тканини та органи, м ² кг ⁻¹ 10 ⁻³									
			Сережки зелені	Листя	Пагони 1-річні	Гілки тонкі	Гілки товсті	Гілки сухі	Деревина без кори	Кора загальна	Кора зовнішня	Кора внутрішня
A ₅	8-20	27,88	-	20,73	27,4	12,09	3,87	3,77	3,80	5,13	-	-
A ₅	46-2	31,60	-	17,56	15,25	8,64	5,32	3,16	4,27	5,38	-	-
A ₅	7рзбо	79,79	16,38	6,82	8,06	3,42	1,91	-	1,4	-	1,39	3,71
B ₅	27/3	39,49	-	12,61	10,13	4,33	3,09	2,10	2,53	4,56	-	-
B ₅	10рзбо	44,44	-	9,34	3,92	3,69	2,02	-	1,96	2,63	-	-
B ₄	5рзбо	33,04	-	30,36	34,93	16,50	9,62	-	4,45	12,38	-	-
B ₄	25рз	256,2	6,79	17,49	18,62	8,35	4,02	3,14	5,0	-	3,19	4,83
C ₄	6рзбо	38,42	38,52	30,11	39,48	18,32	9,06	-	5,62	-	12,42	9,67

Таблиця 4

Значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в тканини та органи вільхи чорної в різних ТУМ

ТУМ	№ ПП	A_s , кБк/м ²	Значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в тканини та органи, м ² кг ⁻¹ 10 ⁻³							
			Шишки зелені	Листя	Пагони 1- річні	Гілки тонкі	Гілки тов- сті	Деревина без кори	Кора зов- нішня	Кора вну- трішня
B ₅	10 рзбо	44,44	-	2,52	2,86	1,8	1,66	1,35	3,17	4,79
C ₄	6 рзбо	38,42	7,29	3,2	6,25	4,61	1,87	0,7	2,13	4,66

Якщо порівнювати дані табл. 2-4, можна зробити загальний висновок, що для всіх досліджених видів дерев найбільші значення КП властиві для асимілюючих органів – хвої однорічної та листя, шишок зелених та сережок, кори внутрішньої, в той час як кора зовнішня та деревина характеризувались мінімальними значеннями КП.

Висновки. В даній роботі було досліджено інтенсивність переходу ^{137}Cs з ґрунту в деревний ярус лісоболотних екосистем Західного Полісся України. Аналіз значень коефіцієнтів переходу радіонуклідів з торфово-болотного ґрунту в органи та тканини деревних порід показує відсутність значимої різниці в накопиченні ^{137}Cs сосною звичайною в ряду типів умов місцезростання мокрі бори, мокрі субори, сирі субори. Для берези коефіцієнти переходу ^{137}Cs у всі органи і тканини знижувались в ряді сирі сугруди – сирі субори – мокрі бори – мокрі субори. Вільха інтенсивніше накопичувала радіонуклід в сирих сугрудах, ніж в мокрих суборах. Також для всіх досліджених видів дерев виявлено, що максимальні значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs властиві найбільш фізіологічно активним органам та тканинам.

1. Переволоцкий А. Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. Гомель : РНИУП "Институт радиологии", 2006. 255 с. 2. Переволоцкая Т. В., Булавик И. М., Переволоцкий А. Н. О влиянии подтопления на распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесном биогеоценозе. *Радиационная биология. Радиэкология*. 2009. Том 49, № 3. С. 291–301. 3. Щеглов А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. Москва : Наука, 2000. 268 с. 4. Прикладная радиэкология леса / Краснов В. П. и др. Житомир : Полісся, 2007. 680 с. 5. Орлов О. О., Долін В. В. Біогеохімія цезію-137 у лісоболотних екосистемах Українського Полісся : монографія ; за ред. акад. НАН Ук-

раїни Е. В. Собоновича. Київ : Наукова думка, 2010. 198 с. **6.** Розподіл сумарної активності ^{137}Cs у компонентах біогеоценозу мезооліготрофних боліт Полісся України / Краснов В. П., Курбет Т. В., Корбут М. Б., Бойко О. Л. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25.6. С. 124–131. **7.** Юнатов А. А. Заложение экологических профилей и пробных площадей. *Полевая геоботаника* / под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина. Том III. Москва-Ленинград : Наука, Ленинградское отд., 1964. С. 9–35. **8.** Погребняк П. С. Основы лесной типологии. Киев : Изд-во АН УССР, 1955. 456 с. **9.** Анучин Н. П. Лесная таксация. Москва : Лесная промышленность, 1977. 512 с. **10.** Behavior of radionuclides in natural and semi-natural environments / ECP-5 Final report / eds. M. Belli and F. Tikhomirov. EUR 16531. Luxemburg, 1996. 154 p.

REFERENCES:

1. Perevolotskii A. N. Raspredelenie ^{137}Cs y ^{90}Sr v lesnykh bioheotsenozakh. Homel : RNIUP "Institut radiolohii", 2006. 255 s. **2.** Perevolotskaia T. V., Bulavik I. M., Perevolotskii A. N. O vliianii podtopleniia na raspredelenie ^{137}Cs y ^{90}Sr v lesnom bioheotsenoze. *Radiatsionnaia biolohiia. Radioekolohiia*. 2009. Tom 49, № 3. S. 291–301. **3.** Shcheglov A. I. Bioheokhimiia tekhnohennykh radionuklidov v lesnykh ekosistemakh: po materialam 10-letnikh issledovaniu v zone vliianiia avarii na ChAES. Moskva : Nauka, 2000. 268 s. **4.** Prikladnaia radioekolohiia lesa / Krasnov V. P. i dr. Zhitomir : Polissia, 2007. 680 s. **5.** Orlov O. O., Dolin V. V. Bioheokhimiia tseziuu-137 u lisobolotnykh ekosystemakh Ukrainskoho Polissia : monohrafiia ; za red. akad. NAN Ukrainy E. V. Sobotovycha. Kyiv : Naukova dumka, 2010. 198 s. **6.** Rozpodil sumarnoi aktyvnosti ^{137}Cs u komponentakh bioheotsenozu mezoolihotrofnykh bolit Polissia Ukrainy / Krasnov V. P., Kurbet T. V., Korbut M. B., Boiko O. L. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2015. Vyp. 25.6. S. 124–131. **7.** Yunatov A. A. Zalozhenie ekolohicheskikh profilei i probnykh ploschchadei. *Polevaia heobotanika* / pod obshch. red. E. M. Lavrenko i A. A. Korchahina. Tom III. Moskva-Leninhhrad : Nauka, Leninhradskoe otd., 1964. S. 9–35. **8.** Pohrebniak P. S. Osnovy lesnoi tipolohii. Kyeve : Izd-vo AN USSR, 1955. 456 s. **9.** Anuchin N. P. Lesnaia taksatsiia. Moskva : Lesnaia promyshlenost, 1977. 512 s. **10.** Behavior of radionuclides in natural and semi-natural environments / ECP-5 Final report / eds. M. Belli and F. Tikhomirov. EUR 16531. Luxemburg, 1996. 154 p.

Holovko O. V., Applicant (National Nature Park "Dermansko-Ostrozkyi", Ostroh)

INTENSITY OF THE ^{137}Cs TRANSFER FROM SOIL TO TREE LAYER IN FOREST-BOG ECOSYSTEMS OF WESTERN POLYSSYA OF UKRAINE

The range of researches was made on the specific of accumulation of ^{137}Cs in forest-bog ecosystems of Western Polyssya of Ukraine. It was shown the absence of appreciable difference of accumulation of radionuclide in Scots pine tree in edaphic conditions of wet and humidic bors and humidic subor. Transfer factor of ^{137}Cs for birch-tree components is increasing in the range of humidic suramen - humidic subor – wet bor – wet subor. The trees of European alder accumulated the radionuclide more intense in edaphic conditions of humidic suramen than in wet subor. It was made a conclusion that the largest value of transfer factor of ^{137}Cs for assimilating organs and tissues of trees independently of edaphic conditions.

Keywords: Western Polyssya of Ukraine, forest-bog ecosystem, radionuclide, transfer factor of ^{137}Cs .

Головко О. В., соискатель (Национальный природный парк «Дерманско-Острожский», г. Острог)

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРЕХОДА ^{137}Cs ИЗ ПОЧВЫ В ДРЕВЕСНЫЙ ЯРУС ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

Проанализировано особенности накопления ^{137}Cs в лесоболотных экосистемах Западного Полесья Украины. Показано отсутствие значимой разницы в накоплении радионуклида сосной обыкновенной в зависимости от типов условий местопроизрастания мокрые боры, мокрые субори, сырые субори. Для березы коэффициенты перехода ^{137}Cs в органы и ткани снижались по типу сырые сугруды – сырые субори – мокрые боры – мокрые субори. Ольха интенсивнее накапливала радионуклид в сырых сугрудах, чем в мокрых субориях. Для всех исследованных видов деревьев максимальные значения коэффициентов перехода ^{137}Cs характерны ассимилирующим органам и тканям.

Ключевые слова: Западное Полесье Украины, лесоболотная экосистема, радионуклид, коэффициент перехода ^{137}Cs .
