

**ВПЛИВ ЛИШАЙНИКІВ НА МІГРАЦІЮ <sup>137</sup>Cs В БОРОВИХ УМОВАХ  
ПОЛІСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА**УДК 582.29:631.963:  
632.15

Article info

Received 13.02.2017

**О. В. Бельська<sup>1</sup>, С. І. Матковська<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Поліський природний заповідник, с. Селезівка, Україна<sup>2</sup>Житомирський національний агроєкологічний університет, м. Житомир, Україна

Наведено результати дослідження впливу епігейних лишайників на міграцію <sup>137</sup>Cs у системі "грунт – рослина" сухих і свіжих борів Поліського природного заповідника. Встановлено, що лишайники пришвидшують розкладання хвойного опаду в лісових насадженнях, що призводить до інтенсивнішого вивільнення <sup>137</sup>Cs з лісової підстилки і переведення його у доступні для рослин водорозчинні та обмінні форми у ґрунті. Це збільшує міграцію радіонуклідів в лісових екосистемах. Коефіцієнти переходу <sup>137</sup>Cs до вищих рослин у сухих і свіжих борах з лишайниковим покривом вищі, ніж у насадженнях без лишайників.

**Ключові слова:** лишайники, сухий і свіжий бір, лісова підстилка, ґрунт, радіонукліди.

**Вступ.** Радіоактивне забруднення вищих рослин лісових екосистем зумовлене, в основному, характеристиками ґрунту та факторами засвоєння елементів з нього. Інтенсивність міграції радіонуклідів залежить від біологічних та анатомо-морфологічних особливостей рослин: життєва форма, утворення симбіозу з мікоризою грибів, потреба в елементах-аналогах та інших катіонах, глибина розміщення кореневої системи у ґрунті тощо (Bulko, 1998; Shheglov, 1999).

Важливу роль в інтенсивності надходження радіонуклідів до рослин відіграють такі фактори, як розташування кореневої системи, її горизонтальна протяжність, ступінь заповнення коренями ґрунтових горизонтів, хімізм кореневих виділень, симбіоз з мікоризою та ін., а також такі показники ґрунтів, як зволоження, гранулометричний склад, вміст органічних та мінеральних речовин тощо (Shheglov, 1999).

Невід'ємною складовою частиною лісів бореально-го типу, характерною для зони Полісся, є мохово-лишайниковий ярус. В Українському Поліссі основні площі займають соснові ліси зеленомошні, зеленомошно-чагарничкові, довгомошні, сфагнові, лишайникові (Andrienko, & Shel'jag-Sosonko, 1983; Orlov, 1999). Дослідники (Shheglov, 1999; Orlov, 1999; Orlov, & Kondratjuk, 2002) зазначають, що біологічні особливості мохів та лишайників істотно впливають на перерозподіл радіонуклідів у лісових екосистемах. За їх свідченням, мохово-лишайниковий ярус нагромаджує радіонукліди у 10-100 разів інтенсивніше, ніж види, що утворюють трав'яно-чагарничковий ярус лісу.

Створюючи суцільні килими, лишайники стають бар'єром на шляху радіонуклідів і поступово переводять їх у ґрунт. Таким чином лишайники виступають як посередники між атмосферним забрудненням та ґрунтом, з одного боку, і сорбентами радіоактивних випадінь, з іншого. Це дає підстави розцінювати лишайники як фактор, що впливає на міграцію радіонуклідів у лісових екосистемах.

*Об'єкти досліджень* – сухі та свіжі бори з епігейною ліхенофлорою у живому надґрунтового покриві.

*Предмет досліджень* – міграція <sup>137</sup>Cs у системі "грунт – рослина" в борових умовах Поліського природного заповідника.

**Матеріали та методи дослідження.** Робота охоплювала маршрутні-експедиційні та лабораторні дослідження. Для проведення досліджень використано стандартні методики, прийняті для відбору зразків, їх підготовки та здійснення лабораторних аналізів.

Вибір та закладання пробних площ проведено згідно з програмою і методикою біогеоценологічних досліджень (Dylis, 1974), інструкцією із закладання пробних площ у лісовому господарстві (GOST 56 69 83, 1983), а також з відбору та підготовки зразків для радіометричного контролю продукції лісового господарства (Kaletnyk et al., 1998).

Відбір зразків для спектрометричних досліджень проведено відповідно до загальноприйнятих методик та інструкцій (Orlov, 1999). ґрунт для визначення загальної щільності забруднення відбирали спеціальним буром ( $V = 200 \text{ см}^3$ ) на глибину 0-10 см методом конверту (Kaletnyk et al., 1998). Лишайники відбирали рівномірно по всій площі.

Для визначення фізико-хімічних властивостей ґрунту та розподілу радіоцезію по ґрунтового профілю на кожній ділянці методом конверта закладали п'ять профілів, на яких пошарово через 1 см відбирали ґрунт. Лісову підстилку відбирали окремо з поділом на фракції залежно від ступеня мінералізації.

Хімічні форми радіоцезію у ґрунті визначено за прийнятими в радіоекології методиками (Bobovnikova et al., 1990): водорозчинну – дистильованою водою, обмінну – 1Н розчином  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , необмінну – 6Н розчином  $\text{HCl}$ , міцнофіксовану – за різницею між початковою та екстрагованими активностями.

Відібрані для досліджень зразки висушували до повітряно сухої маси та подрібнювали. Спектрометричні дослідження проводили ліцензованими лабораторіями Інституту регіональних екологічних проблем Житомирського національного агроєкологічного університету та Поліського філіалу УкрНДІЛГА ім. Г.М. Висоцького.

На основі отриманих спектрометричних вимірювань виконано розрахунки коефіцієнтів переходу (КП) <sup>137</sup>Cs для вищих рослин (Kaletnyk et al., 1998)

$$КП = \frac{A_p}{P},$$

**Citation APA:** Belska, O., & Matkovska, S. (2017). The Influence of Lichens To <sup>137</sup>Cs Migration in Pine Forest Conditions of Polissya Nature Reserve. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(1), 112–115. Retrieved from <http://nv.ntu.edu.ua/index.php/journal/article/view/176>

де:  $A_p$  – питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у рослині, Бк/кг;  $P$  – щільність забруднення ґрунту, кБк/м<sup>2</sup>.

**Результати дослідження.** Міграція радіонуклідів у лісових екосистемах залежить, передусім, від ґрунтово-гідрологічних умов та швидкості розкладання лісової підстилки. Саме особливості руйнування рослинних решток відіграє істотну роль, оскільки, завдяки значному за товщиною рослинному опаду в хвойних лісах, що нагромаджується на поверхні ґрунту, надходження елементів та ізотопів до ґрунту сповільнюється і розтягується на кілька років.

За результатами наших досліджень (Bel'skaja, 2014), на ділянках з епігейною ліхенофлорою опадо-підстилковий коефіцієнт становить 7,4-7,9, що є мен-

шим, ніж на ділянках без лишайників (8,2-10,8). Тобто розкладання підстилки під лишайниками відбувається швидше, ніж за їх відсутності. Відповідно, і запаси підстилки в лишайникових борах менші в середньому в 1,7 раза, залежно від характеристик насаджень. За таких умов перехід радіонуклідів з рослинних решток до ґрунту збільшується, що пришвидшує їх залучення до колообігу в екосистемі.

Щодо питомої активності підстилки (табл. 1), найбільша її частка серед досліджуваних насаджень характерна для сухих борів без живого надґрунтового покриву (7,8 %) та свіжих борів з лишайниковим покривом (9,3 %).

**Табл. 1. Розподіл  $^{137}\text{Cs}$  по ґрунтовому профілю в різних лісорослинних умовах соснових насаджень, %**

Складник ґрунту	Тип лісорослинних умов			
	$A_1$		$A_2$	
	лишайниковий	без покриву	лишайниковий	моховий
<b>Лісова підстилка</b>	<b>3,6</b>	<b>7,8</b>	<b>9,3</b>	<b>5,5</b>
нерозкладена	0,7	0,9	0,6	0,8
розкладена	2,9	6,9	8,7	4,7
<b>Мінеральна частина ґрунту</b>	<b>96,4</b>	<b>92,2</b>	<b>90,7</b>	<b>94,5</b>
0-1	50,5	31,3	31,7	39,8
1-2	21,2	23,8	26,5	15,0
2-5	9,1	9,4	12,9	12,0
5-10	6,8	13,3	9,2	10,9
10-15	4,2	8,3	3,6	7,6
15-20	2,4	3,6	2,9	5,1
20-25	1,4	2,1	1,7	2,7
25-30	0,5	0,4	1,3	1,0
30-35	0,3	–	0,7	0,3
35-40	0,1	–	0,2	0,1

Незважаючи на розрідженість деревостанів у сухих соснових борах, лісова підстилка складається в основному з опаду хвої (68-75 %). Оскільки серед компонентів деревостану найбільша питома активність міститься саме у вегетативній частині, то, відповідно, саме вона і визначає забруднення підстилки. Очищення крони від хвої сприяє переведенню радіонуклідів у лісову підстилку, яка зазнає механічного (за допомогою вітру, атмосферних опадів, інших процесів) та хімічного руйнування внаслідок діяльності організмів (у нашому випадку – переважно лишайників). Оскільки механічне руйнування проходить досить повільно (для соснових насаджень воно зумовлює нагромадження 3-5-річного нерозкладаного опаду, що від загальної маси лісової підстилки становить 20-30 %), інтенсивніше проходить їх хімічне руйнування саме ферментною активністю лишайників.

Лишайники здебільшого створюють суцільні килими, на які потрапляє відмерла частина крони. Оскільки щільний лишайниковий шар пропускає незначну кількість нерозкладеної хвої (у підстилці під лишайниками її міститься тільки 17-19 %), більша частина опаду проходить попереднє руйнування під впливом лишайникових ферментів, що доведено у дослідженнях Е.М. Моїсеєвої (Moiseeva, 1961). Тобто лишайники сприяють швидкому вивільненню радіонуклідів з рослинних решток. Отже, вони беруть без-

посередню участь у пришвидшенні міграції радіонуклідів у лісові ґрунти.

Ґрунти лишайникових борів є бідними на гумус, мають легкий механічний склад, високу кислотність та низькі показники вмісту NPK. Фактично органічна речовина сконцентрована у верхньому шарі до 2-5 см. Проте вона мало засвоюється рослинами, оскільки через низьку активність мікроорганізмів ґрунту складається в основному із грубої органічної речовини. Отже, радіонукліди, що містить ця фракція ґрунту, є зв'язаними і не здатні переходити в рослини. Зважаючи на вище зазначене, постає питання про високу активність радіоцезію у ґрунті під лишайниковими борами, яка становить тут 90-97 %.

Враховуючи малу ймовірність вимивання радіонуклідів зі слані лишайників та вегетативної частини лісової рослинності загалом, дійшли висновку, що тільки ферментативна активність лишайників призводить до вивільнення цезію з лісового опаду і переходу його у ґрунт. Дослідженнями Е.М. Моїсеєвої (Moiseeva, 1961) доведено високу активність таких ферментів, як целюлоза, ліпаза, ліхененін і танін, здатних розкладати віскозну пряжу, целюфан, олії, сахарозу, сечовину тощо. Тому забруднення ґрунту під лишайниковим покривом є досить високим, порівняно з іншими умовами (див. табл. 1). Особливо це позначається на забрудненні шару ґрунту 0-1 та 1-2 см у сухих борах.

У свіжому борі з лишайниковим покривом забруднення ґрунту становить майже 91 %, що значно відрізняється від сухих борів і свіжих з моховим покривом. У цих умовах запас лісової підстилки в 1,5-2,0 рази більший завдяки краще розвиненому деревостану, що збільшує і кількість утриманих нею радіонуклідів. Окрім цього, у лісовій підстилці свіжих борів з моховим покривом більшу частину підстилки становлять відмерлі мохи, що також впливає на вміст та розподіл радіонуклідів між підстилкою і ґрунтом.

Відповідно, головним показником міграції радіонуклідів в екосистемі буде їх доступність для засвоєння рослинами. Провівши дослідження розподілу хімічних форм <sup>137</sup>Cs у ґрунті в різних умовах (табл. 2), визначено, що під лишайниками доступні для рослинності радіонукліди (водорозчинна та обмінна форми) на глибині до 15 см значно перевищують показники в інших умовах.

Як видно з отриманих даних, доступність радіонуклідів також залежить від живого надґрунтового покриву. Найбільша кількість водорозчинної та обмінної форм <sup>137</sup>Cs характерна для сухих типів лісорослинних умов, що пов'язано з бідністю ґрунтів на мінеральні солі, дефіцитом вологи та легким гранулометричним складом. На інших ділянках у більш зволжених умовах, радіонукліди переходять у необмінну та міцнофіксовану форму, що і пояснює їх меншу міграційну здатність.

Відповідно, це позначається і на різниці в нагромадженні <sup>137</sup>Cs вищою рослинністю на пробних площах. Так, за результатами визначення коефіцієнтів переходу, видно, що цей показник між сухим і свіжим лишайниковими борами в середньому відрізняється в 1,4-2,5 рази, а у трав'яного ярусу (*Festuca ovina*) – майже в 4 рази (табл. 3).

**Табл. 2. Розподіл форм <sup>137</sup>Cs у гумусово-елювіальному горизонті в різних типах лісорослинних умов, %**

Тип лісорослинних умов	Глибина	Водорозчинна форма	Обмінна форма (1Н Н <sub>3</sub> ООНH <sub>4</sub> )	Необмінна форма (бН НCl)	Міцнофіксована форма	
A <sub>1</sub>	лишайниковий покрив	0-5	2,2	3,4	3,6	92,2
		5-10	17,4	18,3	15,9	48,4
		10-15	3,2	7,6	75,6	13,6
	відсутній покрив	0-5	0,9	2,3	4,4	92,4
		5-10	0,7	3,4	5,7	90,2
		10-15	0,2	3,6	6,9	89,3
A <sub>2</sub>	лишайниковий покрив	0-5	2,0	2,2	3,3	92,2
		5-10	7,5	13,5	16,7	62,3
		10-15	2,4	10,6	59,0	28,0
	моховий покрив	0-5	1,3	1,5	2,9	95,3
		5-10	1,0	2,1	4,7	92,1
		10-15	0,3	4,5	5,4	89,8

**Табл. 3. Коефіцієнти переходу (КП) <sup>137</sup>Cs у фітомасу основних представників різних типів лісорослинних умов**

Елемент фітоценозу	Тип умов місцезростань			
	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>	
	живий надґрунтовий покрив			
	лишайниковий	відсутній	лишайниковий	моховий
Деревостан				
<i>Pinus sylvestris</i> L.				
- хвоя	94,81	82,17	68,40	53,70
- гілки (без кори)	23,50	20,00	19,18	14,70
- стовбур (без кори)	8,60	7,40	6,80	1,60
- кора	49,10	42,70	54,40	47,50
<i>Betula pendula</i>				
- листя	–	–	23,85	19,17
- гілки	–	–	14,75	10,90
- стовбур	–	–	4,20	3,70
- кора	–	–	12,70	6,10
Трав'яно-чагарничковий ярус				
<i>F. ovina</i>	17,00	–	25,70	16,30
<i>Calluna vulgaris</i>	–	–	142,20	90,00
<i>Vaccinium myrtillus</i>	–	–	91,00	59,80

Отже, живий надґрунтовий покрив відіграє значну роль у нагромадженні радіонуклідів. Оскільки під лишайниками істотно збільшуються доступні для рослин форми радіонуклідів, їх міграція пришвидшується, що видно з результатів досліджень. Тому вплив лишайникового покриву на розподіл <sup>137</sup>Cs в лісових екосистемах виражається, насамперед, у пришвидшенні вивільнення радіонуклідів з лісової підстилки та сприянні створенню доступних для рослин їх хімічних форм у ґрунті.

**Висновки:**

1. Міграція радіонуклідів у лісових насадженнях залежить від багатьох факторів, основними серед яких є ґрунтово-гідрологічні умови та швидкість розкладання лісової підстилки. На процес розкладання лісової підстилки значно впливають лишайники, пришвидшуючи його. Відповідно, в цих умовах величина опадо-підстилкового коефіцієнта нижча, а відповідно і запаси підстилки в середньому в 1,7 рази менші, ніж на ділянках без лишайників.

2. Визначальну роль у міграції радіонуклідів до рослин відіграє розподіл їх хімічних форм у ґрунті. За результатами досліджень, під епігейною ліхенофлорою доступні для рослин водорозчинні та обмінні форми  $^{137}\text{Cs}$  в разі перевищують їх вміст на ділянках без лишайників. Це пояснює інтенсивну міграцію ізотопу в насадженні.
3. Визначення коефіцієнтів переходу показало, що в сухих і свіжих борах з лишайниковим покривом міграція  $^{137}\text{Cs}$  у вищі рослини відбувається інтенсивніше, ніж на площах без лишайників. При цьому для деревного ярусу в сухих умовах цей показник найбільший.
4. Лишайниковий покрив у лісових насадженнях пришвидшує вивільнення  $^{137}\text{Cs}$  з лісової підстилки і переведення їх у доступні для рослин форми у ґрунті, що збільшує міграцію радіонуклідів у лісових екосистемах.

### Перелік використаних джерел

- Andrienko, T. L., & Shel'jag-Sosonko, Yu. R. (1983). *Rastitelnyj mir Ukrainskogo Polesja v aspektah ego ohrany*. Kiev: Nauk. dumka. [In Russian].
- Belskaja, O. V. (2014). Osobennosti zagraznenija lesnoj podstilki  $^{137}\text{Cs}$  pod lishajnikovym pokrovom v Poleskom prirodnom zapovednike. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo univ'ersiteta*, 10(120), pp. 74–79. [In Russian].
- Bobovnikova, C. I., Virchenko, E. P., Konoplev, A. V. et al. (1990). Himicheskie formy nahozhdenija dolgozhivushhij radionuklidov

- i ih transformacija v pochvah zony avarii na Chernobylskoj AJeS. *Pochvovedenie*, 10, pp. 20–25. [In Russian].
- Bulko, N. I. (1998). Nakoplenie i raspredelenie zapasa  $^{137}\text{Cs}$  v ot-delnyh asociacijah sosnjaka mshistogo. *Problemy lesovedenija i lesovodstva: sb.nauch.trudov In-ta lesa NAN Belarusi*, 49, pp. 115–160. [In Russian].
- Dylis, N. V. (Ed.). (1974). *Programma y metodyka byogeocenologicheskijh yssledovanyj*. Moscow: Nauka. [In Russian].
- GOST 56 69 83. (1983). Ploshhadi probnye lesoustroitelnye. Metod zakladki (in S. Yu. Sokolova tech. ed.). Moscow. [In Russian].
- Kaletnyk, M. M., Savushnyk, M. P., Krasnov, V. P., Orlov, O. O. et al. (1998). *Instrukcija z vidboru ta pidgotovky zrazkiv dlja radiometrychnogo kontrolju produkcii lisovogo gospodarstva*. Kiev: Derzhkom. lisovogo gospodarstva Ukrainy, 21 p. [In Ukrainian].
- Moiseeva, E. N. (1961). *Biogimicheskie svojstva lishajnikov i ih prakticheskoe znachenie*. Moscow–St.-Petersburg: AN SSSR. [In Russian].
- Orlov, O. O. (1999). Radiacijna obstanovka ta ii dinamika v lisovyh ekosystemah Poliskogo pryrodnogo zapovidnyka v period kvazirivnovagy radionuklidiv u gruntovo-roslynnoomu pokryvi (1991–1999 rr.). *Poliskomu pryrodnomu zapovidnyku – 30 rokov: zb. nauk. prac*, 1, pp. 116–129. [In Ukrainian].
- Orlov, O. O., & Kondratjuk, S. Ya. (2002). Porivnjalna ocinka roli riznyh komponentiv lyshajnykovogo boru u rozpodili sumarnoi aktyvnosti  $^{137}\text{Cs}$ . *Ukr.botan.zhurn*, 1, pp. 49–57. [In Ukrainian].
- Shheglov, A. I. (1999). *Biogehimija tehnogennyh radionuklidov v lesnyh jekosistemah: Po materialam 10-letnih issledovanj v zone vlijanja avarii na ChAES*. Moscow: Nauka. [In Ukrainian].

**О. В. Бельская, С. И. Матковская**

## ВЛИЯНИЕ ЛИШАЙНИКОВ НА МИГРАЦИЮ $^{137}\text{CS}$ В БОРОВЫХ УСЛОВИЯХ ПОЛЕССКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Приведены результаты исследований влияния эпигейных лишайников на миграцию  $^{137}\text{Cs}$  в системе "почва – растение" сухих и свежих боров Полесского природного заповедника. Определено, что лишайники ускоряют разложение хвойного опада в лесных насаждениях, что приводит к более интенсивному освобождению  $^{137}\text{Cs}$  из лесной подстилки и переводению его в доступные для растений водорастворимые и обменные формы в почве. Это приводит к увеличению миграции радионуклидов в лесных экосистемах. Коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в высшие растения в сухих и свежих борах с лишайниковым покрывом выше, чем в насаждениях без лишайников.

**Ключевые слова:** лишайники, сухой и свежий бор, лесная подстилка, почва, радионуклиды.

**O. V. Belska, S. I. Matkovska**

## THE INFLUENCE OF LICHENS TO $^{137}\text{CS}$ MIGRATION IN PINE FOREST CONDITIONS OF POLISSYA NATURE RESERVE

The migration of radionuclides in forest ecosystems depends on soil and hydrological conditions and the rate of decomposition of forest litter. Ground lichens appear as intermediaries between air pollution and soil, and are depositors of radioactive substances. In the dry and fresh pine forest conditions they have a significant impact on migration in forest ecosystems. Thus, the purpose of research is to determine the effect of ground lichens on the  $^{137}\text{Cs}$  migration in system "soil – plant" in bor conditions of Polissya Nature Reserve. The research includes route-forwarding and laboratory tests by standard methods. The test samples were taken in the territory of Polesye Natural Reservation. Spectrometric studies are conducted by licensed laboratories of the Institute of Regional Environmental Problems of Zhytomyr National Agroecological University. We revealed that the migration of radionuclides in forest stands depends on several factors, the main of which are soil-hydrological conditions and the rate of decomposition of forest litter. The process of decomposition of forest litter depends on the composition of living ground cover. Ground lichens significantly accelerate it. We have also determined that the lichen accelerate the decomposition of litter in coniferous forest plantations, resulting in a more intense release of  $^{137}\text{Cs}$  from forest litter and transferred it to the available for plants and water-soluble forms of exchange in the soil. This leads to an increase in the migration of radionuclides in forest ecosystems. The coefficients of  $^{137}\text{Cs}$  transition in higher plants in dry and fresh forests with lichen cover are higher than in plantations without lichens. Thus, our conclusion evaluates that the effect of lichen cover on the distribution of  $^{137}\text{Cs}$  in forest ecosystems is expressed primarily in accelerating the release of radionuclides from the forest litter and promote access to plant their chemical forms in the soil.

**Keywords:** lichens; dry and fresh pine forests; forest litter; soil; radionuclides.

### Інформація про авторів:

**О. В. Бельська**, мол. наук. співробітник, Поліський природний заповідник, Олевський район, Житомирська область, Україна. **E-mail:** olucky@i.ua

**С. І. Матковська**, канд. с.-г. наук, доцент, Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, **E-mail:** OlgaPidgorna@i.ua