



**В. В. Мельник, Т. В. Курбет**

*Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, Україна*

## РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ МОХОВО-ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРИВУ В УМОВАХ СВІЖОГО СУБОРУ

Досліджено сучасне радіоактивне забруднення мохово-лишайникового покриву в умовах свіжого субору в лісах Українського Полісся. Щільність радіоактивного забруднення ґрунту в межах пробної площі варіювала у широких діапазонах – від 315 до 708  $\text{кБк}/\text{м}^2$ . Виявлено значні коливання величин питомої активності та показників інтенсивності надходження  $^{137}\text{Cs}$  для всіх досліджуваних видів зелених (брієвих) мохів та епігейних лишайників. Так, на пробній площі для дикрану багатоніжкового середній вміст  $^{137}\text{Cs}$  становив  $11538^{±1022}$  Бк/кг; для плевроцію Шребера –  $9312^{±679}$  Бк/кг. З'ясовано, що радіоактивне забруднення дикрану багатоніжкового істотно вище, ніж у плевроцію Шребера (в 1,2 раза). Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у лишайниках загалом змінювалась в широкому діапазоні – від 3975 до 9182 Бк/кг. Найменші значення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  встановлено у кладонії м'якої, а найбільші – у кладонії двоїмвої. Коефіцієнт накопичення  $^{137}\text{Cs}$  для лишайників був у діапазоні від 3,2 до 6,5, а для зелених (брієвих) мохів – від 3,8 до 7,7. Коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  у лишайниках родини Кладонієвих змінювався від  $11,8$  до  $24,4 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . За інтенсивністю накопичення  $^{137}\text{Cs}$  епігейні лишайники можна розмістити таким чином: кладонія двоїмова > кладонія струнка > кладонія оленяча > кладонія м'яка. Щодо зелених мохів, то для дикрану багатоніжкового середній показник коефіцієнта переходу становив  $29,2^{±0,9} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ , майже в 2 рази більше, ніж для плевроцію Шребера –  $16,3^{±0,06} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . Значення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у мохово-лишайниковому покриві має тісний лінійний зв'язок з величиною щільності радіоактивного забруднення ґрунту.

**Ключові слова:** питома активність; коефіцієнт переходу;  $^{137}\text{Cs}$ ; зелені (брієві) мохи; епігейні лишайники.

**Вступ.** Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС значного радіоактивного забруднення зазнали ліси Українського Полісся. Лісові масиви акумулювали значну кількість радіонуклідів та стали природним бар'єром на шляху їх поширення. Це спричинило первинне накопичення радіонуклідів у різних компонентах лісових біогеоценозів. Масштаби Чорнобильської катастрофи зумовили необхідність наукового оцінювання інтенсивності надходження і специфіки розподілу радіонуклідів у всіх ланках екосистем. За інтенсивністю радіоактивного забруднення дослідники розмістили рослини в такій послідовності: покритонасінні → голонасінні → папоротеподібні → мохоподібні → лишайники. Учені також встановили, що мохи і лишайники лісових екосистем накопичують радіонукліди інтенсивніше, ніж судинні рослини в одному й тому ж типі лісорослинних умов (Kulikov, & Molchanova, 1990).

Відомо, що мохово-лишайниковий покрив є важливим компонентом лісових біогеоценозів, особливо у хвойних лісах, та відіграє важливу роль у перерозподілі  $^{137}\text{Cs}$  у лісових ґрунтах (Boliukh & Virchenko, 1994; Nifontova, 1997; Papastefanou et al., 1989). Завдяки своїм біологічним особливостям, мохи та лишайники виступають своєрідним депо на шляху міграції, накопичення та перерозподілу радіонуклідів у інших компонентах лісових екосистем (Kondratiuk et al., 1994; Molchanova &

Bochenina, 1980).

Анатомо-морфологічні та фізіологічні особливості мохово-лишайникового покриву зумовлюють істотне варіювання інтенсивності накопичення та швидкості виведення радіонуклідів. Вони мають високу сорбційну місткість, повільний ріст, значну тривалість життя, міцно фіксують високодисперсні радіоактивні частки та є резистентними до дії іонізуючого випромінювання (Vasser et al., 1995; Vyazrov, 2002; Orlov & Kondratiuk, 2002). Переважно вчені досліджували два класи мохів – сфагнові та брієві (зелені) мохи. Перерозподіл та накопичення радіонуклідів у сфагнових мохах істотно відрізняється від брієвих (зелених) мохів. Сфагні не мають ризоїдів, вони утримують значний об'єм води, завдяки якій відбувається міграція радіонуклідів у товщі цих мохів та торфу (Sobchenko & Khranchenkova, 2008; Boliukh, Virchenko, 1994). Порівняно зі зеленими мохами вони значно менше накопичують радіонукліди. Зелені мохи поділяють на верхоплідні (дикран багатоніжковий та види зозулиного льону), що утворюють щільні "подушки", та бокоплідні (плевроцій Шребера та гілокомій блискучий), для яких характерне формування майже суцільних рихлих "килимів". Для зелених мохів характерна міжвидова різниця у накопиченні  $^{137}\text{Cs}$ . Обґрунтовуючи радіоактивне забруднення зелених мохів, учені не можуть

### Інформація про авторів:

**Мельник Вікторія Вікторівна**, аспірант, кафедра екології. Email: [melnyk\\_vika91@ukr.net](mailto:melnyk_vika91@ukr.net)

**Курбет Тетяна Володимирівна**, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра екології. Email: [meraviglia@ukr.net](mailto:meraviglia@ukr.net)

**Цитування за ДСТУ:** Мельник В. В., Курбет Т. В. Радіоактивне забруднення  $^{137}\text{Cs}$  мохово-лишайникового покриву в умовах свіжого субору. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 3. С. 88–92.

**Citation APA:** Melnyk, V. V., & Kurbet, T. V. (2018). Radioactive  $^{137}\text{Cs}$  Contamination of the Moss-Lichen Cover in Conditions of Fresh Pine Forests. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(3), 88–92. <https://doi.org/10.15421/40280318>

дійти однозначного висновку, перевагу у здатності до накопичення  $^{137}\text{Cs}$  надають то бокоплідним, то верхоплідним мохам (Boliukh, Virchenko, 1994; Vasser et al., 1995). Порівняно зі  $^{90}\text{Sr}$  зелені мохи інтенсивніше накопичують  $^{137}\text{Cs}$  та міцно утримують його у живій, нарастаючій частині мохів (Nifontova, 2006). Встановлено, що фракції моху за величиною акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  можна розмістити у такому порядку: очіс > жива фракція > мертва фракція. Порівнюючи різні види мохів за радіоактивним забрудненням та інтенсивністю накопичення  $^{137}\text{Cs}$ , їх можна представити в такому вигляді: верхоплідні брієві мохи → бокоплідні брієві мохи → сфагнові мохи (Boliukh, Virchenko, 1994).

Щодо особливостей накопичення радіонуклідів лишайниками та їх розподілу у різних частинах, у літературі інформація майже відсутня. Відзначено, що важливу роль у перерозподілі радіонуклідів у лісових біогеоценозах відіграють саме епігейні лишайники. Представники цієї групи накопичують  $^{137}\text{Cs}$  на 1–2 порядки більше, ніж це відзначається у ґрунті (Belska, 2004; Belska & Matkowska, 2017; Orlov & Kondratiuk, 2002). Водночас, встановлено значне варіювання вмісту радіонуклідів у різних видах лишайників, відібраних в одному екоотопі. За інтенсивністю акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  лишайники розміщують у такому порядку: епіфітні листуваті > епіфітні кущисті > епілітні листуваті > епігейні кущисті (Kondratiuk et al., 1994).

Проаналізувавши літературні джерела можна зробити висновок про фрагментарність вивчення проблеми щодо особливостей накопичення  $^{137}\text{Cs}$  представниками мохово-лишайникового покриву лісів Полісся України. Вивчення сучасного радіоактивного забруднення мохово-лишайникового покриву дає змогу розширити уявлення про міграцію та розподіл радіонуклідів у лісових екосистемах та обґрунтувати використання мохів та лишайників в ролі біоіндикаторів радіоактивного забруднення для прогнозування радіаційної ситуації в майбутньому.

**Об'єкти та методика досліджень. Мета наших досліджень** – вивчити сучасний рівень радіоактивного забруднення  $^{137}\text{Cs}$  представниками мохово-лишайникового покриву в умовах свіжого субору. Досліджували радіоактивне забруднення видів – представників брієвих (зелених) мохів – дикрану багатоніжкового (*Dicranum polysetum* Sw.), плевроцію Шребера (*Pleurozium schreberi*) та епігейних лишайників: кладонії стрункої (*Cladonia gracilis* (L.) Willd.), кладонії м'якої (*Cladonia mitis* Sandst.), кладонії оленячої (*Cladonia rangiferina* (L.) Nyl.) та кладонії дюймової (*Cladonia uncialis* (L.) F. Weber ex F. H. Wigg.).

Дослідження проводили у 2017 р. у Житомирському Поліссі на пробній площі, розташованій у Народицькому лісництві ДП "Народицький СЛГ" (ПП№1). Пробну площу (розміром 100×100 м) заклали за стандартною методикою. На пробній площі за допомогою сітки Л. Г. Раменського у 3-разовій повторності відбирали досліджувані види мохово-лишайникового покриву. Відповідно до зразків мохово-лишайникового покриву відбирали зразки ґрунту: за допомогою циліндричного бура діаметром 57 мм, у 5-ти точках (методом конверту), на глибину 20 см. Усі зразки висушували до повітряно-сухого стану, подрібнювали та гомогенізували. Питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у зразках вимірювали на сцин-

тиляційному гамма-спектрометричному приладі (GDM-20) із багатоканальним аналізатором імпульсів (АІ). Всього було проаналізовано 120 зразків, з них 60 зразків фітомаси мохово-лишайникового покриву та 60 зразків ґрунту. Відносна похибка вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у зразках не перевищувала 5%. Статистичне оброблення отриманих даних проводили за загальноприйнятими методами за допомогою прикладного пакету Microsoft Excel та Statistica 10.0.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Щільність радіоактивного забруднення ґрунту в межах пробної площі змінювалася у широких діапазонах – від 315 до 708 кБк/м<sup>2</sup>. Середнє значення щільності радіоактивного забруднення ґрунту становило 407<sup>±56</sup> кБк/м<sup>2</sup>. Показники щільності радіоактивного забруднення ґрунту свідчать про існування значної мозаїчності радіоактивного забруднення ґрунту в межах пробної площі. Існування достовірної різниці між середніми значеннями щільності радіоактивного забруднення на пробній площі підтверджують результати однофакторного дисперсійного аналізу:  $F_{\text{факт.}}=11,2 > F_{(5;59;0,95)}=2,4$ .

Зважаючи на значне коливання щільності радіоактивного ґрунту, величини питомої активності для кожного виду зелених мохів та епігейних лишайників істотно відрізнялись (табл. 1). Так, для дикрану багатоніжкового максимальні значення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  становили 14050 Бк/кг, що в 1,8 раза більше, ніж мінімальний показник концентрації  $^{137}\text{Cs}$  (8048 Бк/кг); для плевроцію Шребера мінімальне значення становило 8032 Бк/кг, що в 1,4 раза менше від максимального – 11450 Бк/кг. Досліджуючи радіоактивне забруднення  $^{137}\text{Cs}$  мохів обох досліджуваних видів, встановлено, що на пробній площі спостерігалось перевищення величини питомої активності для дикрану багатоніжкового порівняно з плевроцієм Шребера в 1,2 раза.

**Табл. 1. Статистичні параметри величини питомої активності у мохово-лишайниковому покриві свіжого субору**

Вид	Статистика			
	$M^{\pm m}$	$\delta$	V, %	P, %
Кладонія м'яка	5111 <sup>±193</sup>	669	13,1	3,7
Кладонія оленяча	5646 <sup>±78</sup>	270	4,7	1,4
Кладонія дюймова	7831 <sup>±292</sup>	1012	13	3,7
Кладонія струнка	7905 <sup>±72,2</sup>	250	3,2	0,9
Плевроцій Шребера	9312 <sup>±680</sup>	1685	17,9	7,3
Дикран багатоніжковий	11538 <sup>±1022</sup>	2505	21,7	8,9

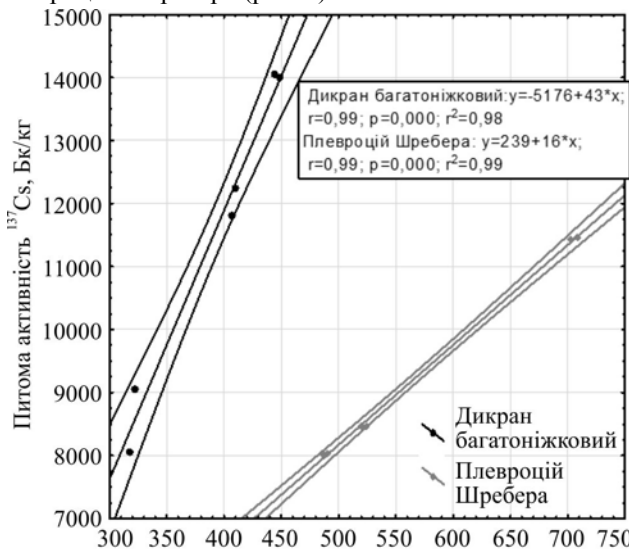
Найменше значення величини питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  виявлено для кладонії м'якої – 3975 Бк/кг, а найбільше – для кладонії дюймової – 9182 Бк/кг. Порівнюючи вміст  $^{137}\text{Cs}$  у лишайниках родини кладонієвих, встановлено таку закономірність: значення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  для кладонії м'якої в 1,5 раза менше, ніж такі для кладонії дюймової та стрункої та в 1,1 раза менші, ніж для кладонії оленячої. Кладонія оленяча накопичує  $^{137}\text{Cs}$  в 1,4 раза менше, ніж кладонія дюймова та струнка. Величини накопичення  $^{137}\text{Cs}$  фітомасою кладонії стрункої та дюймової майже однакові.

Враховуючи значну мозаїчність радіоактивного забруднення ґрунту на пробній площі, проведено регресійний аналіз між величинами питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у представників мохово-лишайникового покриву та значеннями щільності радіоактивного забруднення ґрунту (табл. 2).

**Табл. 2.** Залежність вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у представників мохово-лишайникового покриву від щільності радіоактивного забруднення ґрунту

Вид мохів і лишайників	Коефіцієнти рівняння виду $y = a + b \cdot x$		r	R <sup>2</sup>	p
	a	b			
Кладонія м'яка	-2656,3	20,9	0,83	0,69	0,0008
Кладонія оленяча	-10298,4	46,9	0,79	0,64	0,0019
Кладонія дюймовая	2562,50	13,4	0,99	0,98	0,0000
Кладонія струнка	6869,2	2,3	0,91	0,82	0,0000
Плевроцій Шребера	238,97	15,86	0,99	0,98	0,0000
Дикран багатоніжковий	-5176,01	42,66	0,98	0,99	0,0001

Отримані результати свідчать, що між значеннями питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у видах мохово-лишайникового покриву та щільністю радіоактивного забруднення ґрунту існує тісний лінійний прямо пропорційний зв'язок. Це підтверджують значення коефіцієнтів кореляції (r) та детермінації (R<sup>2</sup>), а коефіцієнти значущості наближаються до нуля, що свідчить про високу достовірність зв'язку на 95 %-му довірчому рівні. Аналізуючи графічні відображення представлених залежностей, можна констатувати, що кут нахилу прямої свідчить про ступінь інтенсивності зростання питомої активності у досліджуваних видах зі збільшенням величини щільності радіоактивного забруднення ґрунту. Виявлено, що в зелених мохах найінтенсивніше зростає питома активність у дикрану багатоніжкового порівняно з плевроцієм Шребера (рис. 1).



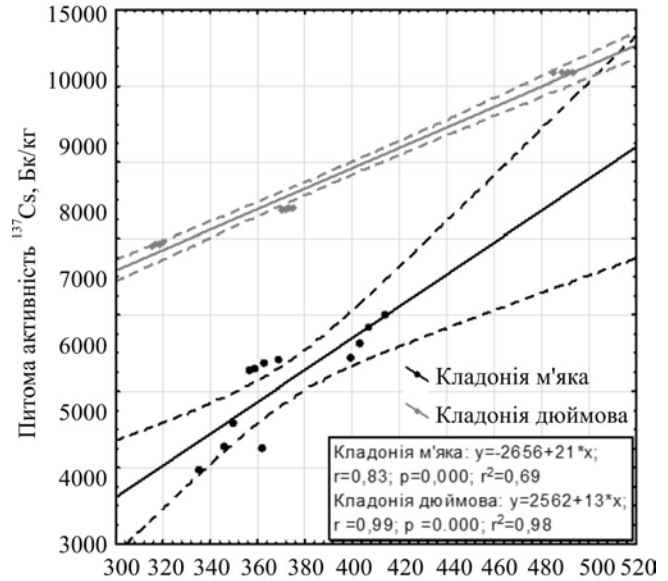
**Рис. 1.** Залежність питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у зелених (брієвих) мохах від щільності радіоактивного забруднення ґрунту

Для епігейних лишайників спостерігалась така закономірність: здатність до інтенсивного накопичення  $^{137}\text{Cs}$  демонструє кладонія дюймовая, найменшого – кладонія м'яка (рис. 2). Ці результати підтверджують розрахункові значення коефіцієнтів накопичення та переходу  $^{137}\text{Cs}$  до фітомаси досліджуваних видів.

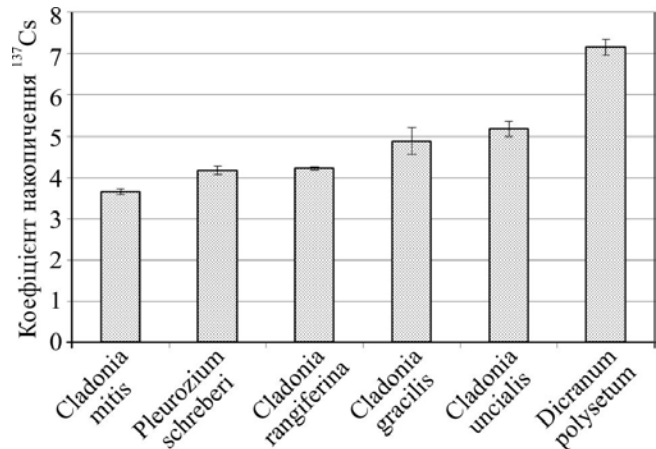
В умовах свіжих суборів коефіцієнт накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у лишайниках змінювався від 3,2 до 6,5, а в зелених мохах – від 3,8 до 7,7 (рис. 3).

Середні значення коефіцієнтів накопичення радіонуклідів у лишайниках та мохах були досить різними, це підтверджують результати однофакторного дисперсійного аналізу:  $F_{\text{факт.}} = 43,95 > F_{(3;47;0,95)} = 2,8$  та  $F_{\text{факт.}} = 177 > F_{(1;11;0,95)} = 5,0$  відповідно. Так, наприклад, середнє зна-

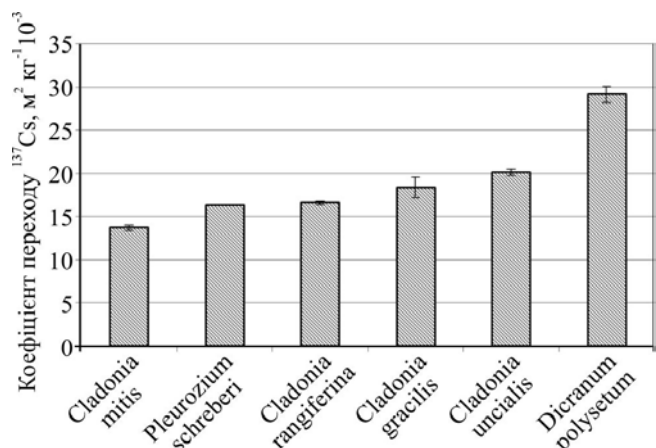
чення коефіцієнта накопичення  $^{137}\text{Cs}$  для кладонії м'якої становило  $3,6^{\pm 0,07}$  (за амплітуди коливання 3,2–3,9); для кладонії оленячої –  $4,2^{\pm 0,04}$  (за варіації середніх значень 4,1–4,5); для кладонії дюймової –  $5,1^{\pm 0,2}$  (за амплітуди 4,4–5,9); для кладонії стрункої –  $5,7^{\pm 0,3}$  (за варіації значень 4,6–6,5); дикрану багатоніжкового  $7,1^{\pm 0,2}$  (коливання в межах 6,7–7,7) та плевроцію Шребера  $4,2^{\pm 0,1}$  (за амплітуди коливання 3,8–4,4).



**Рис. 2.** Залежність питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  в епігейних лишайниках від щільності радіоактивного забруднення ґрунту



**Рис. 3.** Середні значення коефіцієнта накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у мохово-лишайниковому покриві свіжого субору



**Рис. 4.** Середні значення коефіцієнта переходу  $^{137}\text{Cs}$  у фітомасу мохово-лишайникового покриву свіжого субору

Розраховано коефіцієнт переходу в системі "грунт – надземна фітомаса" для досліджуваних видів (рис. 4). Коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  у лишайниках родини Кладонієвих змінювався в межах  $11,8\text{--}24,4 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . Мінімальне значення коефіцієнта переходу  $^{137}\text{Cs}$  відзначено для кладонії м'якої, а максимальне – для кладонії дюймової.

Амплітуда коливань коефіцієнта переходу  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в лишайники для окремих видів становила  $16,5^{±0,2} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  (15,9-18,0) для кладонії оленячої;  $18,3^{±1,2} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  (15,4-24,4) для кладонії стрункої;  $13,7^{±0,3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  (11,7-14,8) для кладонії м'якої та  $20,1^{±0,4} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  (18,6-21,9) для кладонії дюймової. Значні коливання коефіцієнта переходу встановлено і для зелених (брієвих) видів моху. Так, для дикрану багатоніжкового середні значення коефіцієнта переходу становили  $29,2^{±0,9} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  (коливання в межах 25–31,6); для плевроцію Шребера –  $16,3^{±0,06} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  (за амплітуди коливання 16,1–16,5). За результатами аналізу радіоактивного забруднення епігейних лишайників можна побудувати ряд із видів родини Кладонієвих за інтенсивністю накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у свіжих суборах: кладонія дюймова > кладонія струнка > кладонія оленяча > кладонія м'яка; для зелених (брієвих) мохів характерним є інтенсивніше накопичення дикраном багатоніжковим порівняно з плевроцієм Шребера.

**Висновки.** На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. На пробних площах відзначено значну мозаїчність радіоактивного забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$ . Щільність забруднення ґрунту змінюється від 315 до 708 кБк/м<sup>2</sup>.
2. Встановлено, що дикран багатоніжковий характеризується більшими величинами питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  порівняно з плевроцієм Шребера. На пробній площі для дикрану багатоніжкового середнє значення цього показника  $^{137}\text{Cs}$  становило  $11538^{±1022}$  Бк/кг; для плевроцію Шребера –  $9312^{±679}$  Бк/кг.
3. Виявлено міжвидові відмінності у величинах питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  для видів епігейних лишайників. Питомая активність  $^{137}\text{Cs}$  для кладонії м'якої в 1,5 раза менша, ніж для кладонії дюймової та стрункої та в 1,1 раза менша, ніж для кладонії оленячої. Кладонія оленяча накопичує  $^{137}\text{Cs}$  в 1,4 раза менше, ніж кладонія дюймова та струнка. Накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у фітомасі кладонії стрункої та дюймової майже однакове.
4. В умовах свіжих суборів коефіцієнт накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у лишайниках варіює у межах від 3,2 до 6,5, а в зелених мохах – від 3,8 до 7,7. Коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  у лишайниках родини Кладонієвих змінювався в межах від 11,8 до  $24,4 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . Мінімальне значення коефіцієнта переходу  $^{137}\text{Cs}$  відзначено для кладонії м'якої, а

максимальне – для кладонії дюймової. Значні коливання коефіцієнта переходу виявлено і для зелених видів моху за амплітуди коливання від 16,3–31,6. Для дикрану багатоніжкового середній показник коефіцієнта переходу становить  $29,2^{±0,9} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ , що майже в 2 рази більше, ніж порівняно з плевроцієм Шребера –  $16,3^{±0,06} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ .

5. Встановлено, що вміст  $^{137}\text{Cs}$  у видах мохово-лишайникового покриву має достовірний ( $p=0,0000$ ) тісний ( $r=0,79\text{--}0,99$ ) лінійний зв'язок з величиною щільності радіоактивного забруднення ґрунту.

## Перелік використаних джерел

- Belska, O. (2004). Osoblyvosti nakopychennia  $^{137}\text{Cs}$  epiheinyomy lyshainykamy. *Visnyk DAU*, 2, 224–229. [In Ukrainian].
- Belska, O., & Matkovska, S. (2017). The influence of lichens to  $^{137}\text{Cs}$  migration in pine forest conditions of Polissya nature reserve. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(1), 112–115. <https://doi.org/10.15421/40270125>
- Boliukh, V. O., & Virchenko, V. M. (1994). Nakopychennia radionuklidiv mokhamy Ukrainskoho Polissia. *Ukr. botan. zhurn*, 51(4), 39–45. [In Ukrainian].
- Byazrov, L. G. (2002). *Lishainiki v ekologicheskoy monitoring*. Moscow: Nauchnyi mir. 336 p. [In Russian].
- Kondratiuk, S. Ya., et al. (1994). Vmist radionuklidiv u lyshainykakh. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 4, 46–51. [In Ukrainian].
- Kulikov, N. V., & Molchanova, I. V. (1990). *Radioekologiya pochvenno-rastitelnogo pokrova*. Sverdlovsk: UrO AN SSSR. 170 p. [In Russian].
- Molchanova, I. V., & Bochenina, N. V. (1980). Mkhii kak nakopiteli radionuklidov. *Ekologiya*, 3, 42–47. [In Russian].
- Nifontova, M. G. (1997). Dinamika sodержaniya dolgozhivushchikh radionuklidov v mokhovo-lyshainikovoi rastitelnosti. *Ekologiya*, 4, 273–277. [In Russian].
- Nifontova, M. G. (2006). Long-Term Dynamics of Technogenic Radionuclide Concentrations in Moss – Lichen cover. *Russian journal of Ecology*, 37(4), 247–250. [In Russian].
- Orlov, O. O., & Kondratjuk, S. Ya. (2002). Porivnjalna ocinka roli ruznykh komponentiv lyshajnykovogo boru u rozpodili sumarnoi aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$ . *Ukr. botan. zhurn*, 1, 49–57. [In Ukrainian].
- Orlov, O. O., & Kondratiuk, S. Ya. (2001). Bahatorichna dynamika vmistu  $^{137}\text{Cs}$  u epiheinykh kushchystykh lyshainykakh Ukrainskoho Polissia (1991–2000 rr.). *Materialy XI z'izdu ukrainskoho botanichnogo tovarystva*. Kharkiv, 227–278. [In Ukrainian].
- Papastefanou, C., et al., (1989). Lichens and mosses biological monitors of radioactive fallout from the Chernobyl USSR reactors accident. *J. Environ. Radioact*, 9(3), 199–208.
- Sobchenko, V., & Khramchenkova, O. (2008). Zelenye mkhii kak faktor migratsii tseziya-137 v yagody cherniki. *Nauka i innovatsii*, 3(61), 39–43.
- Vasser, S. P., et al., (1995). *Nakopychennia radionuklidiv sporovymy roslinamy i vyshchymy hrybamy Ukrainy*. Kyiv: Instytut botaniky NANU. 130 p. [In Ukrainian].

**В. В. Мельник, Т. В. Курбет**

*Житомирский государственный технологический университет, г. Житомир, Украина*

## РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ $^{137}\text{CS}$ МОХОВО-ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ СВЕЖЕЙ СУБОРИ

Исследовано современное радиоактивное загрязнение мохово-лишайникового покрова в условиях свежих суборей Украинского Полесья. Выявлены значительные колебания величин удельной активности и показателей интенсивности поступления  $^{137}\text{Cs}$  для всех исследуемых видов зеленых (бриевых) мхов и эпигейных лишайников. Так, на пробной площади для дикрана многоножкового среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  составило  $11538^{±1022}$  Бк/кг; для плевроция Шребера –  $9312^{±679}$  Бк/кг. Установлено, что радиоактивное загрязнение дикрана многоножкового существенно превышает таковое плевроция Шребера в 1,2 раза. Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в лишайниках вообще менялась в широком диапазоне – от 3975 до 9182 Бк/кг. Наименьшие величины концентрации  $^{137}\text{Cs}$  отмечены для кладонии мягкой, а наибольшие – для кладонии дюймовой. Коэффициент накопления  $^{137}\text{Cs}$  для лишайников находился в диапазоне от 3,2 до 6,5, а для зеленых (бриевых) мхов – от 3,8 до 7,7. Коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  в лишайниках семьи Кладониевых колебался в пределах от 11,8 до  $24,4 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . По интенсивности накоп-

ления  $^{137}\text{Cs}$  эпигейные лишайники можно разместить следующим образом: кладония дюймовая > кладония стройная > кладония оленья > кладония мягкая. Что касается зеленых мхов, то для дикрана многоножкового средний показатель коэффициента перехода составлял  $29,2^{\pm 0,9} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ , почти в 2 раза больше, чем для плевроциума Шребера –  $16,3^{\pm 0,06} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . Значение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в мохово-лишайниковом покрове имеет тесную линейную связь с величиной плотности радиоактивного загрязнения почвы.

**Ключевые слова:** удельная активность; коэффициент перехода;  $^{137}\text{Cs}$ ; зелёные (бриевые) мхи; эпигейные лишайники.

**V. V. Melnyk, T. V. Kurbet**

*Zhytomyr State Technological University, Zhytomyr, Ukraine*

## **RADIOACTIVE $^{137}\text{CS}$ CONTAMINATION OF THE MOSS-LICHEN COVER IN CONDITIONS OF FRESH PINE FORESTS**

Moss-lichen cover is an important component of forest biogeocoenoses, especially in coniferous forests. It serves as a peculiar depot on the way of migration, redistribution and accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  in forest soils and other components of forest ecosystems. To study the modern radioactive contamination by the representatives of the moss-lichen cover, sample plots were laid in the Narodytsky SFH in the conditions of fresh pine forests where sampling was carried out of four types of epigeous lichens, two species of green (bryoidae) mosses and corresponding samples of soil. Before measuring  $^{137}\text{Cs}$  specific activity, all samples were dried to air-dry state and homogenized. The density of radioactive contamination of the soil within the sample plots varied in wide ranges from 315 to 708 kBq/m<sup>2</sup>. Correspondingly, certain fluctuations of the specific activity values for each species of moss and lichens were noted. For example, on the sample plots for Dicranum polysetum Sw. the average content of  $^{137}\text{Cs}$  was  $11538^{\pm 1022} \text{ Bq/kg}$ ; for Pleurozium schreberi –  $9312^{\pm 679} \text{ Bq/kg}$ . The concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in lichens varied in a wide range – from 3975 to 9182 Bq/kg. It was found that the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  for the Cladonia mitis is 1.5 times less than for the Cladonia uncialis and Cladonia gracilis, and 1.1 times less than for the Cladonia rangiferina. The Cladonia rangiferina accumulates  $^{137}\text{Cs}$  1.4 times less, compared to the Cladonia uncialis and Cladonia gracilis. The content of  $^{137}\text{Cs}$  in the phytomass of the Cladonia gracilis and Cladonia uncialis is almost the same. The amount of accumulation coefficient of  $^{137}\text{Cs}$  in lichens ranged from 3.2 to 6.5, and in green mosses – from 3.8 to 7.7. For the investigated species, we have also calculated the transition factor in the system of "soil-ground phytomass". The epigeous lichens can be placed in the following order: Cladonia uncialis > Cladonia gracilis > Cladonia rangiferina > Cladonia mitis by the accumulation intensity of  $^{137}\text{Cs}$ . In the case of green mosses, for the Dicranum polysetum Sw. the average transition coefficient was  $29.2^{\pm 0.9} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ , almost 2 times larger than that for Pleurozium schreberi –  $16.3^{\pm 0.06} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . The study of modern radioactive contamination of moss-lichen cover makes it possible to broaden the notion of migration and distribution of radionuclides in forest ecosystems and to justify the use of mosses and lichens as bioindicators of radioactive contamination in order to predict the radiation situation in the future.

**Keywords:** specific activity; transition factor;  $^{137}\text{Cs}$ ; green (bryoidae) mosses; epigeous lichens.