

2. ЕКОЛОГІЯ ТА ДОВКІЛЛЯ

УДК 551.521

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОБСТЕЖЕННЯ ЛІСІВ З МЕТОЮ ЇХ РЕАБІЛІТАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ, ЗАБРУДНЕНИЙ РАДІОНУКЛІДАМИ

В.П. Краснов¹, Т.В. Курбет², С.В. Суховецька³

Представлено результати вивчення розподілу ^{137}Cs у дерново-опідзолених ґрунтах вологих борів і сугрудів у 1994 та 2012 рр. для визначення глибини відбору зразків ґрунту під час обстеження лісів з метою їх реабілітації. Для обґрунтування встановлених закономірностей використано показники питомої активності радіонукліду та щільності радіоактивного забруднення у шарах лісової підстилки та мінеральної частини ґрунту. Показано, що у 1994 р. найбільше радіонуклідів було сконцентровано у верхньому 10-сантиметровому шарі ґрунту. Визначено, що з часом відбулося переміщення ^{137}Cs у більш глибокі шари ґрунту. Зроблено висновок, що під час обстеження лісів з метою їх реабілітації у сучасний період потрібно здійснювати відбір зразків ґрунту до глибини 25 см.

Ключові слова: реабілітація лісів, радіонукліди, радіоактивне забруднення ґрунту, питома активність радіонукліду, лісові насадження.

Вступ. Упродовж 1991-1992 рр. в Україні здійснено останній етап обстеження лісів на радіоактивне забруднення, яке відбулося внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Обстеження полягало у безпосередньому відборі зразків ґрунту у лісових кварталах у всіх забруднених радіонуклідами лісогосподарських підприємствах України і їх подальшому аналізі на спектрометричній апаратурі. Для виконання цих робіт було створено єдину методику, яка ґрунтувалася на знанні особливостей радіоактивного забруднення лісів і перерозподілу радіонуклідів у лісових екосистемах, а також на величині виділених коштів. На той час було відомо, що основна кількість радіонуклідів сконцентрована у лісовій підстилці та верхніх (до 4 см) шарах мінеральної частини ґрунту [1]. Саме ці обставини дали змогу авторам методики обстеження лісів рекомендувати відбір зразків ґрунту до глибини 10 см.

У наступні роки "Карто-схеми радіоактивного забруднення" лісогосподарських підприємств і розроблені науковцями "Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення" дали змогу регламентували лісогосподарські заходи та лісокористування у лісах, забруднених радіонуклідами. З часом науковці науково обґрунтували заходи щодо поступової реабілітації лісів, що зазнали радіоактивного забруднення. Для практичного здійснення програми реабілітації лісів лісогосподарськими підприємствами було розроблено "Методичні рекомендації з реабілітації лісів на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС" [2], а також "Методику обстеження радіаційно забруднених лісів з метою їх реабілітації (на період 2010-

2015 рр.)" [4]. У цих методичних документах повторювалася рекомендована 25 років тому глибина взяття зразка ґрунту (10 см). Однак останні дослідження щодо розподілу ^{137}Cs у ґрунтах основних типів лісорослинних умов вказують на потребу перегляду цього положення.

Об'єкти та методика досліджень. Дослідження проведено у 1994 та 2012 рр. на території ДП "Лугинське ЛГ" (Житомирська обл.). У типових для Полісся України лісових насадженнях було закладено постійні пробні площі (ППП) розміром 1 га (100×100 м) – у вологому бору (A_3) й у вологому сугруді (C_3).

Характеристика постійної пробної площі у вологому бору. Склад насадження – 10С, вік – 60 років, повнота – 0,85. Ґрунт – дерново-середньоопідзолений, піщаний, на водно-льодовикових відкладах. Лісова підстилка потужністю до 15 см. У мінеральній частині ґрунту чітко виділяються горизонти: гумусово-елювіальний темно-сірого кольору до 10 см; елювіальний білого кольору, потужністю 8-10 см; ілювіальний горизонт – коричневий, суглинистий, потужністю 6-8 см. Материнська порода починалася з глибини 80-85 см.

Характеристика постійної пробної площі у вологому сугруді. Склад насадження – 7ДЗС, вік – 60 років, повнота – 0,7. Ґрунт – багата відміна дерново-середньоопідзоленого, супіщаного, на флювіо-гляціальних відкладах. Ґрунтовий профіль складається з таких горизонтів: лісова підстилка, потужність 0-3 см; гумусово-елювіальний, потужністю до 20 см, темно-сірий, супіщаний, перехід до наступного горизонту хвилястий, з численними затоками; елювіальний горизонт, виражений нечітко, потужністю 20-25 см, жовто-світло-коричневий, зв'язно-піщаний, безструктурний; ілювіальний горизонт, потужністю 25-40 см, світло-залізисто-коричневий, супіщаний; материнська порода глибше 40 см – жовтий, легкий, свіжий супісок, з численними залізистими новоутвореннями.

Пробні площі закладено за стандартною методикою [6]. На кожній пробній площі викопували 3 ґрунтові профілі, на яких здійснювали опис горизонтів і відбір зразків ґрунту 2-сантиметровими шарами спеціальним відбірником зразків. Відбірник мав форму совка прямокутної форми (500 см²-25×20 см) і ручку. Відбір зразків здійснювали зверху по профілю пошарово – спочатку лісової підстилки, а потім мінеральної частини ґрунту. Відібрані зразки ґрунту спочатку висушували до повітряно-сухого стану, а потім розмелювали на спеціальних млинах ПРГ-01 Т та ПРП-01. Питому активність ^{137}Cs визначено на багатоканальному гамма-спектроаналізаторі імпульсів СЕГ-005-АКП з сцинтиляційними детекторами БДЕГ-20- Р1 та БДЕГ-20- Р2.

Результати та обговорення. Дослідження, проведені у 1994 р. у вологих борах, свідчать, що 73,5 % від загальної активності ^{137}Cs у ґрунті знаходилось у лісовій підстилці. До мінеральної частини ґрунту на той період перемістилося тільки 26,5 %, що у 2,8 раза менше від вмісту радіонукліду у лісовій підстилці. Базуючись на наведених даних, можна також констатувати, що процес подальшого переміщення радіонукліду до більш глибоких шарів ґрунту буде ще досить тривалим. Цей висновок можна пояснити тим, що у лісовій підстилці основна активність ^{137}Cs відбувається у напіврозкладеній її частині. Разом з нерозкладеною частиною (сучасний опад), активність радіонукліду в обох шарах

¹ Проф. В.П. Краснов, д-р с.-г. наук – Житомирський ДТУ

² доц. Т.В. Курбет, канд. с.-г. наук – Житомирський ДТУ

³ ст. викл. С.В. Суховецька – Житомирський ДТУ

становила 6883 Бк, що в 1,4 раза більше, ніж у розкладеному шарі лісової підстилки.

У вологих сугрудах у 1994 р. встановлено дещо інший перерозподіл ¹³⁷Cs між лісовою підстилкою та мінеральною частиною ґрунту. Так, у лісовій підстилці було зосереджено тільки 43,8 % від загальної активності ¹³⁷Cs у ґрунті. До мінеральної частини ґрунту вже на той час перемістилося 56,2 % його активності (табл. 1). Це можна пояснити складом насадження, а від цього – і складом щорічного органічного опадів, в якому у сугрудах переважав опад листяних деревних порід. Відомо, що опад листяних деревних порід значно швидше мінералізується, ніж опад хвойних.

Табл. 1. Розподіл щільності радіоактивного забруднення ¹³⁷Cs у шарах ґрунту вологих борів та сугрудів у 1994 р.

Шар ґрунту	Вологий бір		Вологий сугруд	
	щільність радіоактивного забруднення шарів ґрунту ¹³⁷ Cs			
	Бк	%	Бк	%
Лісова підстилка	11645	73,5	17283	43,8
Но (нерозкладена)	296	1,9	71	0,2
Но (напіврозкладена)	6587	41,6	1746	4,4
Но (розкладена)	4762	30,0	15466	39,2
Мінеральні шари ґрунту	4207	26,5	22212	56,2
0-2 см	2396	15,1	14514	36,6
2-4 см	852	5,4	3417	8,7
4-6 см	280	1,8	2210	5,6
6-8 см	231	1,5	1424	3,6
8-10 см	100	0,6	284	0,7
10-12 см	98	0,6	126	0,3
12-14 см	133	0,8	114	0,3
14-16 см	63	0,4	59	0,2
16-18 см	54	0,3	64	0,2
Всього	15852	100	39495	100

Отже, у 1994 р. у вологих борах 94,0 % загальної активності ¹³⁷Cs у ґрунті знаходилось у лісовій підстилці та 4-сантиметровому шарі мінеральної його частини, у 8-сантиметровому шарі мінеральної його частини разом з лісовою підстилкою містилося вже 97,3 % активності. У вологих сугрудах у тих же шарах містилося відповідно 89,1 % та 98,3 % від загальної активності ¹³⁷Cs у ґрунті. Цей розподіл пояснює глибину відбору зразка ґрунту до глибини 10 см (на той час).

Дещо інший розподіл загальної активності ¹³⁷Cs у ґрунті тих самих типів лісорослинних умов виявлено у 2012 р. (табл. 2). Так, у вологих борах у лісовій підстилці знаходилось 12,41 % від загальної активності радіонукліду у ґрунті. Основна маса радіоактивного елемента (активності) сконцентрована у мінеральній частині ґрунту – 87,59 %. Отже, порівняно з попереднім часом спостережень (1994 р.), частка активності ¹³⁷Cs у лісовій підстилці значно зменшилась – у 5,9 раза. Отже, у мінеральній частині ґрунту вона збільшилась у 3,3 раза. Подібну тенденцію спостережено й у вологих сугрудах: частка сумарної активності радіоактивного елемента у лісовій підстилці зменшилась від 43,8 % у

1994 р. до 1,7 % у 2012 р. (у 25,8 раза). У мінеральній частині ґрунту цей показник збільшився від 56,2 % до 98,3 % (в 1,8 раза). Можна констатувати, що в обох типах лісорослинних умов основна кількість радіонуклідів перемістилась з лісової підстилки у мінеральну частину ґрунту.

У наукових публікаціях, які базувались на дослідженнях перших 10 років з часу аварії на ЧАЕС, лісовій підстилці відводилась роль геохімічного бар'єру на шляху міграції радіонуклідів у лісових ґрунтах [3]. Як свідчать наведені матеріали, з часом її значення в утриманні радіоактивних елементів значно зменшилось.

Табл. 2. Розподіл питомої активності ¹³⁷Cs та щільності радіоактивного забруднення у шарах ґрунту вологих борів та сугрудів у 2012 р. [5]

Шар ґрунту	Вологий бір				Вологий сугруд			
	питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг	щільність радіоактивного забруднення		питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг	щільність радіоактивного забруднення			
		кБк/м ²	%		кБк/м ²	%		
Лісова підстилка	*20231	42,49	12,41	*5122	7,17	1,70		
Но (нерозкладена)	3300 ^{±155}	0,50	0,15	763 ^{±80}	0,16	0,04		
Но (напіврозкладена)	20800 ^{±2767}	27,04	7,90	2652 ^{±300}	1,80	0,43		
Но (розкладена)	23000 ^{±2074}	14,95	4,36	10210 ^{±1000}	5,21	1,23		
Мінеральні шари ґрунту	*717	299,77	87,59	*997	414,76	98,30		
НЕ 0-2 см	10741 ^{±1140}	146,08	42,68	7884 ^{±800}	197,45	46,79		
НЕ 2-4 см	2876 ^{±312}	56,95	16,64	4982 ^{±500}	129,52	30,70		
НЕ 4-6 см	933 ^{±46}	22,95	6,71	1600 ^{±160}	41,63	9,86		
НЕ 6-8 см	570 ^{±77}	15,50	4,53	850 ^{±80}	22,13	5,25		
НЕ 8-10 см	434 ^{±52}	12,15	3,55	271 ^{±30}	7,06	1,67		
Е 10-12 см	372 ^{±39}	10,64	3,11	180 ^{±20}	4,85	1,15		
Е 12-14 см	336 ^{±16}	9,81	2,87	62 ^{±6}	1,68	0,40		
Е 14-16 см	220 ^{±15}	6,42	1,88	75 ^{±8}	2,10	0,50		
Е 16-18 см	142 ^{±10}	4,14	1,21	57 ^{±6}	1,60	0,38		
ЕІ 18-20 см	112 ^{±12}	3,25	0,95	49 ^{±5}	1,40	0,33		
ЕІ 20-22 см	70 ^{±6}	2,24	0,65	37 ^{±4}	1,11	0,26		
ЕІ 22-24 см	105 ^{±13}	3,57	1,04	49 ^{±5}	1,43	0,34		
ЕІ 24-26 см	74 ^{±7}	2,34	0,68	44 ^{±4}	1,30	0,31		
ЕІ 26-28 см	67 ^{±7}	2,21	0,65	31 ^{±3}	0,91	0,22		
ЕІ 28-30 см	52 ^{±6}	1,52	0,44	20 ^{±2}	0,59	0,14		
Всього	–	342,26	100,00	–	421,93	100,0		

Досить специфічним є перерозподіл ¹³⁷Cs у мінеральній частині ґрунту у різних типах лісорослинних умов. Можна зазначити, що у бідних умовах вологих борів частка сумарної активності радіонукліду, скажімо, на глибині 18-20 см становила 0,95 % і перевищила таку ж сугрудів (0,33 %) у 3 рази. Це свідчить про дещо інтенсивніше переміщення радіонуклідів у більш глибокі шари ґрунту у бідніших умовах зростання. Пояснити подібні висновки можна тим, що ґрунти борів, порівняно зі сугрудами, містять менше гумусу, дрібнодисперсних частинок, глинистих мінералів, які можуть затримувати або сповільнювати темпи вертикальної міграції ¹³⁷Cs. Так, у 10-сантиметровому шарі гумусово-

елювіального горизонту вологих борів міститься 74,11 % сумарної активності радіонукліду у ґрунті, а у вологих сугрудах – 94,51 %.

Для визначення глибини відбору зразків ґрунту під час обстеження радіоактивно забруднених лісів побудовано нормативну таблицю на лісотипологічній основі (табл. 3). Матеріали свідчать, що на цей час у вологих борах 90 % активності ¹³⁷Cs знаходиться у лісовій підстилці та 14-сантиметровому шарі мінеральної частини ґрунту. У вологих сугрудах така сама частка активності радіонукліду міститься у лісовій підстилці та 8-сантиметровому шарі мінеральної частини ґрунту. Враховуючи значну потужність лісової підстилки у хвойних насадженнях вологих борів, можна зробити висновок про потребу відбору зразків ґрунту для визначення величини щільності радіоактивного забруднення ґрунту, до глибини 25 см. Водночас, у вологих сугрудах зразки можна відбирати до глибини 10 см.

Табл. 3. Частка сумарної активності ¹³⁷Cs у шарах ґрунту різної потужності у вологих борах та сугрудах у 1994 і 2012 рр.

Шар ґрунту	Вологий бір		Вологий сугруд	
	частка сумарної активності ¹³⁷ Cs, %		частка сумарної активності ¹³⁷ Cs, %	
	1994 р.	2012 р.	1994 р.	2012 р.
Лісова підстилка	73,5	12,41	43,8	1,70
Лісова підстилка + 0-2 см	88,6	55,09	80,4	48,49
Лісова підстилка + 0-4 см	94,0	71,73	89,1	79,19
Лісова підстилка + 0-6 см	95,8	78,44	94,7	89,05
Лісова підстилка + 0-8 см	97,3	82,97	98,3	94,30
Лісова підстилка + 0-10 см	97,9	86,52	99,0	95,97
Лісова підстилка + 0-12 см	98,5	89,63	99,3	97,12
Лісова підстилка + 0-14 см	99,3	92,50	99,6	97,52
Лісова підстилка + 0-16 см	99,7	94,38	99,8	98,02
Лісова підстилка + 0-18 см	100,0	95,59	100,0	98,40
Лісова підстилка + 0-20 см	–	96,54	–	98,73
Лісова підстилка + 0-22 см	–	97,19	–	98,99
Лісова підстилка + 0-24 см	–	98,23	–	99,33
Лісова підстилка + 0-26 см	–	98,91	–	99,64
Лісова підстилка + 0-28 см	–	99,56	–	99,86
Лісова підстилка + 0-30 см	–	100,0	–	100,0

Висновки:

1. З часу аварії на Чорнобильській АЕС відбувся істотний перерозподіл сумарної активності ¹³⁷Cs у дерново-опідзолених ґрунтах лісів Полісся України. На цей час у лісовій підстилці вологих борів міститься 12,41 %, а у вологих сугрудах – 1,7 % сумарної активності ¹³⁷Cs у ґрунтах. У вологих борах упродовж останніх 20 років виявлено більш інтенсивну міграцію радіонукліду у мінеральній частині ґрунту, ніж у ґрунтах вологих сугрудів.
2. Враховуючи темпи перерозподілу ¹³⁷Cs у дерново-опідзолених ґрунтах вологих борів і сугрудів лісів Полісся України, потрібно переглянути рекомендації щодо глибини відбору зразків ґрунту з метою визначення щільності його радіоактивного забруднення. Рекомендуємо у соснових насадженнях борів і суборів відбір зразків ґрунту до глибини 25 см.

Література

1. Краснов В.П. Радиоэкология лесів Полісся України. – Житомир : Вид-во "Волинь", 1998. – 112 с.
2. Краснов В.П. Методичні рекомендації з реабілітації лісів на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС / В.П. Краснов, О.О. Орлов, М.М. Ведмідь, В.П. Ландін. – К., 2006. – 20 с.
3. Краснов В.П. Прикладная радиоэкология / В.П. Краснов, А.А. Орлов, В.А. Бузун, В.П. Ландін, З.М. Шелест. – Житомир : Изд-во "Полисся", 2007. – 680 с.
4. Краснов В.П. Методика обстеження радіаційно забруднених лісів з метою їх реабілітації (на період 2010-2015 рр.) / В.П. Краснов, О.О. Орлов, Т.В. Курбет, В.П. Ландін. – Житомир, 2010. – 16 с.
5. Краснов В.П. Розподіл ¹³⁷Cs у дерново-опідзолених ґрунтах лісів Полісся України / В.П. Краснов, Т.В. Курбет, З.М. Шелест, О.Л. Бойко // Ядерна фізика та енергетика : журнал. – 2015. – Т. 16, № 3. – С. 247-255.
6. Лавренко Е.М. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения / Е.М. Лавренко; под общ. ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. – М.-Л. : Изд-во "Наука", Ленинградское отд., 1959. – Т. III. – С. 13-70.

Надіслано до редакції 23.02.2016 р.

Краснов В.П., Курбет Т.В., Суховецкая С.В. Совершенствование методики обследования лесов с целью их реабилитации на территории, загрязнённой радионуклидами

Представлены результаты изучения распределения ¹³⁷Cs в дерново-подзолистых почвах влажных боров и сугрудов в 1994 и 2012 гг. для определения глубины отбора образцов почвы при обследовании лесов с целью их реабилитации. Для обоснования установленных закономерностей использованы показатели: удельная активность радионуклида и плотность радиоактивного загрязнения в слоях лесной подстилки и минеральной части почвы. Показано, что в 1994 г. наибольшее количество радионуклида было сконцентрировано в верхнем 10-сантиметровом слое почвы. Определено, что со временем произошло перемещение ¹³⁷Cs в более глубокие её слои. Сделан вывод, что при обследовании лесов с целью их реабилитации в современный период необходимо осуществлять отбор образцов почвы до глубины 25 см.

Ключевые слова: реабилитация лесов, радионуклиды, радиоактивное загрязнение почвы, удельная активность радионуклида, лесные насаждения.

Krasnov V.P., Kurbet T.V., Sukhovetska S.V. The Development of the Methods of Forests Examination for their Further Rehabilitation on the Territory Contaminated by Radionuclides

The data on ¹³⁷Cs distribution in sod-podzolic soils in wet bory and sugrudy for determining the depth of soil sampling during forest examination in 1994 and 2012 years for further soil rehabilitation were presented. The values of the radionuclide specific activity and radiation contamination density in the forest floor layers, as well as in the soil mineral part were used to substantiate the detected regularities. It is shown that in 1994 year the major part of the radionuclide was concentrated in the upper 10-cm soil layer. ¹³⁷Cs transition to the deeper soil layers was observed to occur with a lapse of time. The conclusion was drawn that at the present time, soil sampling to a depth of 25 cm is required while examining forests for their further rehabilitation.

Keywords: forest rehabilitation, radionuclides, soil radiation contamination, radionuclide specific activity, forest plantations.