



**Д. М. Голяка, В. О. Кашпаров, С. Є. Левчук, В. П. Процак, М. М. Лазарєв, В. В. Павлюченко,
М. А. Голяка, Л. В. Йощенко**

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ДИНАМІКА ОПАДУ ТА ДОЩОВИХ ВОД У РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНАХ

Наведено результати спостережень низхідних потоків речовини та вмісту у них ^{137}Cs для радіоактивно забруднених деревостанів сосни звичайної, у вигляді опаду та дощових вод. Виділено такі компоненти опаду: хвоя, кора, гілки і генеративна частина (шишки, бруньки, насіння та їх частини). Дощові води, що проникають крізь крони дерев, класифіковано на такі групи: стовбурові та кронові. Відбір зразків здійснено рівномірно протягом періоду дослідження. Охарактеризовано помісячну динаміку структури і запасів елементів опаду на основі 2,5 років спостережень (2014-2016 рр.) за сосновим деревостаном. Виявлено закономірності помісячної динаміки та структури компонентів опаду. Наведено дані зміни питомої активності ^{137}Cs та маси в перерахунку на 1 м^3 для компонентів опаду і дощових вод з 01.10.2015 р. по 05.10.2016 р. На основі отриманих вихідних показників за зазначений період розраховано річні середньозважені показники для досліджуваних елементів низхідного потоку: середньорічна питома активність ^{137}Cs , сумарна маса в абсолютно сухому стані на 1 м^2 та загальна активність ^{137}Cs на 1 м^2 . Попередні дослідження низхідних потоків ^{90}Sr у соснових деревостанах свідчать про значні відмінності порівняно із ^{137}Cs у співвідношенні питомої активності компонентів дощової води та опаду, що потребує детальнішого дослідження закономірностей динаміки формування опаду і дощових вод на біогеохімічний кругообіг ^{90}Sr у насадженнях сосни звичайної.

Ключові слова: низхідний потік; компоненти; питома активність; ^{137}Cs ; ^{90}Sr , сосна звичайна.

Вступ. Вивчення малого біологічного кругообігу речовин у лісових екосистемах дає змогу розкрити основні потоки та депо органічної речовини у біогеоценозі як складної динамічної системи, що є важливими показниками для прогнозування багатьох аспектів стану лісових насаджень у майбутньому (Bazilevich et al., 1978; Yoschenko et al., 2017a). Один з таких напрямків – оцінювання накопичення і перерозподілу біологічно мобільних радіонуклідів (^{137}Cs і ^{90}Sr) між підстилкою, ґрунтом та компонентами деревостану (Goog & Thiry, 2004; Kudzin et al., 2017; Shcheglov et al., 2001; Thiry et al., 2009; Yoshida et al., 2011). Накопичення і розкладання органічної речовини на радіоактивно забруднених територіях Українського Полісся здійснюють із введенням у кругообіг органічної речовини радіонуклідів, що мають здатність накопичуватись в органах дерев, які активно формують упродовж року лісовий опад: хвоя (листя), дрібні гілки, зовнішня кора, шишки (насіння), бруньки (Goog & Thiry, 2004; Shcheglov et al., 2001;

Yoschenko et al., 2017b).

Поступове зростання частки продукції лісу у формуванні доз опромінення населення в забруднених територіях Українського Полісся після аварії на Чорнобильській АЕС потребує детальнішого і систематичнішого вивчення біогеохімічного циклу ^{137}Cs та ^{90}Sr (Yoschenko et al., 2017a), оскільки використання консервативних оцінок міграції (коефіцієнтів переходу) радіонуклідів для зазначених цілей не дає змоги оцінити їх імовірний перерозподіл у компонентах насаджень у майбутньому (Thiry et al., 2009; Yoshida et al., 2011). Тому впродовж останніх 15 років у дослідженнях лісової радіоекології відбувається поступовий перехід від використання коефіцієнтів переходу до розроблення моделей кругообігу радіонуклідів, де одночасно вивчають поведінку стабільних ізотопів хімічних елементів (Thiry et al., 2009; Yoschenko et al., 2017b; Yoshida et al., 2011). Це дає змогу переносити розроблені математичні моделі на схожі лісові біогеоценози, які розміщені біля

Інформація про авторів:

Голяка Дмитрій Миколайович, канд. с.-г. наук, ст. наук. співробітник. **Email:** holiyaka_d_m@ukr.net

Кашпаров Валерій Олександрович, д-р біол. наук, професор. **Email:** vak@uiar.org.ua

Левчук Святослав Євлогіович, канд. біол. наук, пров. наук. співробітник. **Email:** slavalevchuk64@gmail.com

Процак Валентин Петрович, канд. техн. наук, пров. наук. співробітник. **Email:** protsak2013@gmail.com

Лазарєв Микола Михайлович, канд. біол. наук, доцент кафедри радіобіології та радіоекології. **Email:** lazarev@uiar.kiev.ua

Павлюченко Валентина Володимирівна, наук. співробітник. **Email:** pavlyuchenko.v.v@gmail.com

Голяка Марина Андріївна, канд. с.-г. наук, мол. наук. співробітник. **Email:** maruna.nybip@gmail.com

Йощенко Людмила Володимирівна, наук. співробітник. **Email:** yoschenko.l.v@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Голяка Д. М., Кашпаров В. О., Левчук С. Є., Процак В. П., Лазарєв М. М., Павлюченко В. В., Голяка М. А., Йощенко Л. В. Динаміка опаду та дощових вод у радіоактивно забруднених соснових деревостанах. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(10). С. 77–80.

Citation APA: Holiaka, D. M., Kashparov, V. O., Levchuk, S. Ye., Protsak, V. P., Lazarev, M. M., Pavliuchenko, V. V., Holiaka, M. A., & Yoshchenko, L. V. (2017). The Dynamics of Litterfall, Throughfall and Stemflow in Radioactively Contaminated Pine Stands. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(10), 77–80. <https://doi.org/10.15421/40271013>

об'єктів ядерної промисловості чи атомних електростанцій, де у разі виникнення аварійних ситуацій з потраплянням радіонуклідів у навколишнє середовище, можна охарактеризувати їх міграцію у забруднених лісостанах, оцінити можливість використання лісової продукції (HNPAP, 2005; Holiaka et al., 2017).

Мета дослідження полягає в оцінці помісячної динаміки компонентів низхідного потоку органічної речовини і вмісту ^{137}Cs у радіоактивно забруднених соснових деревостанах.

Матеріали та методи дослідження. Спостереження здійснено впродовж 2014-2016 рр. на ДП "Лугинське лісове господарство" Повчанського лісництва у кв. 50, вид. 16 на спеціально обладнаному експериментальному майданчику. Попередньо для виділеної лісової ділянки встановлено лісотаксаційні показники деревостану з дотриманням вимог СОУ 02.02.-37-476:2006 (СОУ, 2006): склад 10Сз+Бп, Влч, Дз (сосна звичайна 98 % запасу), вік 64 роки, середній діаметр $26,7^{+6,3}$ см, середня висота 27,4 м, бонітет I^a, відносна повнота 0,87, стовбуровий запас у корі $570 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а також визначено щільність забруднення ^{137}Cs ґрунту: 205^{+65} кБк·м⁻² (Holiaka et al., 2017).

Пропорційно до розподілу площ різних рівнів щільності забруднення ^{137}Cs поверхні ґрунту і представництва дерев за ступенями товщини встановлено пробовідбірники опадів ($n=3-9$) та дощових вод (крупних ($n=3-12$) і стовбурових ($n=3-9$)) (рис. 1). Відбір компонентів опадів виконано уловлювачами (50×50 см), польові зразки з яких висушено за температури 70 °С до повітряно-сухого стану. Далі їх поділено на чотири фракції: хвоя, кора, дрібні гілки (до 5,0 см) і шишки, бруньки, насіння (а також їх частини). Періодичність збору польового матеріалу виконано з дотриманням рівномірності часових проміжків і намаганням прив'язатись до календарних місяців.



Рис. 1. Розміщення пробовідбірників опадів та дощових вод (фото С. Л. Любачевського)

Активність ^{137}Cs у зразках гомогенізованих компонентів опадів і відфільтрованих дощових вод виміряно на низькофоновому γ -спектрометрі з багатоканальним аналізатором ASPEC-927, який оснащено пасивним захистом і напівпровідниковим детектором із високочистого германію GEM-30185 (EG&G ORTEC, США).

Загальна кількість зважених польових зразків для оцінювання динаміки окремих компонентів низхідного потоку становила 667 шт. (за 2,5 роки спостережень) та 249 шт. для встановлення питомої активності ^{137}Cs (за

один рік спостережень). Розрахунок квадратичних відхилень непрямих вимірювань проведено згідно із класичними підходами теорії похибок (Taylor, 1997).

Результати дослідження та їх обговорення. Отримані дані польових спостережень (2,5 роки) за накопиченням обсягів компонентів опадів в колекторах уловлювачів дали змогу оцінити їх динаміку формування на 1 м^2 ($\rho_{\text{опад}}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$) досліджуваного соснового насадження за календарними місяцями впродовж року. Розрахунок виконано способом апроксимації середньодобових накопичених запасів компонентів опадів за період спостереження, а добуток отриманих значень на кількість днів у календарному місяці використано для побудови графіка на рис. 2.

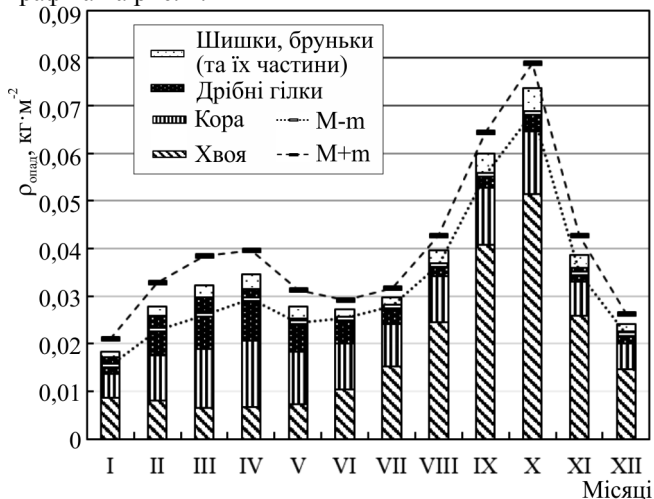


Рис. 2. Структура та помісячна динаміка опадів: М – середнє арифметичне; m – стандартна помилка

З рис. 2 випливає, що найінтенсивніше надходження опадів з дерев сосни відбувається у вересні – жовтні, внаслідок збільшення інтенсивності опадання хвої через завершення вегетаційного періоду; найменше – у зимовий період. Весняний "пік" збільшення кількості опадів припадає на березень – квітень, його наявність цілком може бути зумовлена накопиченням мертвих частин у період негативних температур (що не є характерним для хвої) та пришвидшеним опаданням у перші "теплі" місяці. Однак довірчий інтервал за ймовірності 95 % свідчить про статистичну незначущість між значеннями спостережень, отриманими впродовж лютого – липня.

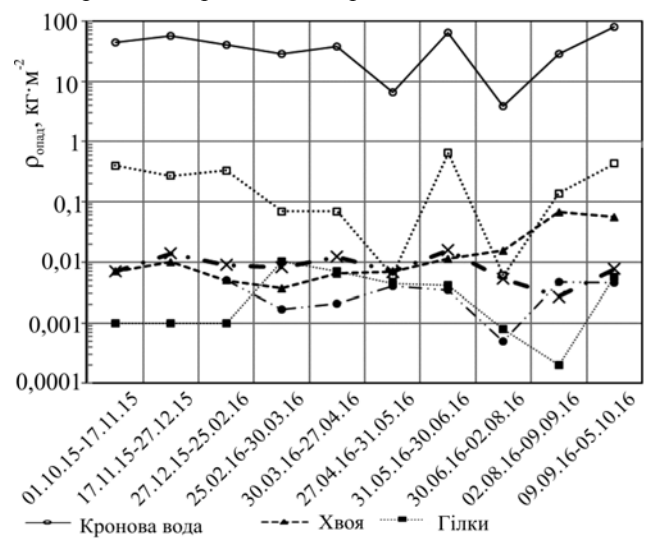


Рис. 3. Маса елементів низхідного потоку соснового насадження

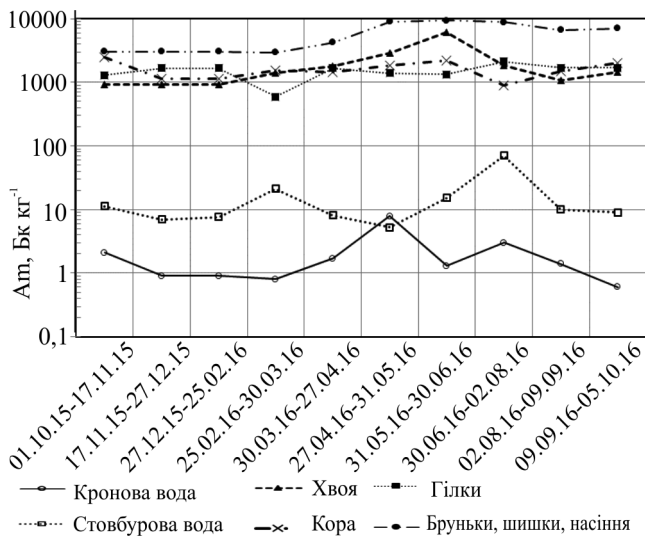


Рис. 4. Питома активність ^{137}Cs у компонентах низхідного потоку соснового деревостану

Порівняння маси низхідних потоків компонентів опадів і дощових вод (рис. 3) у перерахунку на 1 м^2 (ρ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$), упродовж 01.10.2015–05.10.2016 рр., вказує на 3–4 порядки більші обсяги "рідкої" частини над "твердою". Кронові води, принаймні на два порядки, мають більший вклад, ніж стовбурові, від загальної кількості рідких опадів, що проникають крізь полог лісу. Для обох досліджуваних компонентів дощових вод спостережено "стрибокподібний" тренд у квітні – вересні

Табл. Узагальнені дані за рік спостережень низхідних потоків (01.10.2015–05.10.2016)

Показник	Вираження значень	Компоненти низхідного потоку					
		кронова вода	стовбурова вода	хвоя	кора	гілки	бруньки, шишки, насіння
Середня питома активність ^{137}Cs (M), $\text{Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$	абс.	$1,28^{\pm 0,151}$	$11,2^{\pm 1,5}$	$1633^{\pm 64}$	$1639^{\pm 54}$	$1287^{\pm 61}$	$6310^{\pm 222}$
Загальна маса (SUM), $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$	абс.	$394^{\pm 27}$	$2,37^{\pm 0,46}$	$0,19^{\pm 0,05}$	$0,09^{\pm 0,01}$	$0,04^{\pm 0,02}$	$0,03^{\pm 0,01}$
	відн.	$99,3^{\pm 6,7}$	$0,6^{\pm 0,1}$	$0,0^{\pm 0,0}$	$0,0^{\pm 0,0}$	$0,0^{\pm 0,0}$	$0,0^{\pm 0,0}$
Загальна активність ^{137}Cs (SUM), $\text{Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$	абс.	$506^{\pm 94}$	$26,6^{\pm 8,8}$	$308^{\pm 54}$	$146^{\pm 23,7}$	$45,9^{\pm 33,8}$	$164^{\pm 94,6}$
	відн.	$42,3^{\pm 7,9}$	$2,2^{\pm 0,7}$	$25,7^{\pm 4,5}$	$12,2^{\pm 2,0}$	$3,8^{\pm 2,8}$	$13,7^{\pm 7,9}$

Примітка: M – середнє арифметичне значення для питомої активності ^{137}Cs ; SUM – сумарний річний запас на 1 м^2 ділянки для загальної маси і активності ^{137}Cs ; 1 – квадратичне відхилення (SD); абс. – абсолютне значення; відн. – відносне значення.

У наукових колах української і світової лісової радіоекології основну увагу приділено кругообігу ^{137}Cs . Однак для лісів Чорнобильської зони відчуження не менш небезпечним залишається ^{90}Sr . Попереднє вивчення цього радіонукліда впродовж 2017 р. на експериментальному майданчику соснового деревостану в 5,5 км на північний схід від четвертого енергоблоку ЧАЕС засвідчило, що за приблизно однакових питомих активностей ^{137}Cs і ^{90}Sr у дощових водах, у компонентах деревного опадів вміст ^{90}Sr може перевищувати вміст ^{137}Cs від кількох разів до одного порядку.

Висновки. Результати спостережень доводять твердження попередніх наукових публікацій за цією тематикою про істотний вклад низхідного потоку речовини лісових деревостанів у біогеохімічний кругообіг біологічно мобільних радіонуклідів (Kudzin et al., 2017; Yoschenko et al., 2017a) та кругообіг речовини у насадженні (Bazilevich et al., 1978), а дощові води, які проникають крізь полог лісу, не можуть бути знехтувані під час подібних досліджень. Хоча деревний опад характеризується на 2–3 порядки більшою питомою активністю ^{137}Cs порівняно із дощовими водами, однак у річному валовому вираженні обсяги кронових і стовбурових вод значно перевищують низхідний потік "твердих" фракцій, що спричинило однакове співвідношення

2016 р., що спричинено чергуванням періодів з недостатнім і надмірним зволоженням.

Найбільші значення питомої активності ^{137}Cs опадів хвої і генеративних органів приурочені до червня (рис. 4), що зумовлено включенням до їх складу новосформованих фракцій, які на початку вегетаційного періоду (інтенсивного росту) характеризуються найбільшим вмістом ^{137}Cs . Для кори і дрібних гілок не визначено чіткої приуроченості питомої активності ^{137}Cs до сезонів року.

Вміст ^{137}Cs у відібраних кронових водах досягає найбільших значень у теплі місяці (травень – серпень) у періоди засух, до $70 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, внаслідок концентрування (випаровування) вологи із збірних місткостей. Найзабрудненіша стовбурова вода виявилась після завершення негативних температур та після тривалого бездощового періоду влітку.

Отримані попередні результати дали змогу обчислити річні показники компонентів низхідного потоку у досліджуваному сосновому деревостані (табл.).

Хоча кронові води мають найменший вміст ^{137}Cs ($1,28^{\pm 0,15} \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$), однак завдяки значним обсягам ($394^{\pm 26,7} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$) їх вклад становить $42,3^{\pm 7,9} \%$ від усього валового переносу загальної активності ^{137}Cs досліджуваних компонентів, далі розташовані: хвоя – $25,7^{\pm 4,5} \%$, генеративні органи – $13,7^{\pm 7,9} \%$, кора – $12,2^{\pm 2,0} \%$, гілки – $3,8^{\pm 2,8} \%$ та стовбурова вода – $2,2^{\pm 0,7} \%$. Тобто дощові води відіграють визначальну роль у формуванні низхідного потоку речовини і ^{137}Cs у радіоактивно забруднених соснових насадженнях (табл.).

у структурі перенесення загальної активності ^{137}Cs упродовж наших досліджень в опаді ($55,4^{\pm 17,2} \%$) та дощових водах ($44,5^{\pm 8,6} \%$) соснового деревостану. Відсутність актуальної інформації про біогеохімічний кругообіг ^{90}Sr у лісових екосистемах наразі не дає змоги адекватно прогнозувати радіоекологічну ситуацію в лісах Чорнобильської зони відчуження згідно з гігієнічними нормами (HNPAP, 2005), тому отримання експериментальних даних про основні депо і потоки ^{90}Sr є нагальною проблемою, що потрібно вирішити найближчим часом.

Перелік використаних джерел

- Bazilevich, N. I., Tilianova, A. A., Smimov, V. V., Rodin, L. E. et al. (1978). *Metody izucheniia biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonakh* [Methods of studying the biological cycle in different natural zones]. Moscow: Mysl. 240 p. [in Russian].
- Goor, F., & Thiry, Y. (2004). Processes, dynamics and modelling of radiocaesium cycling in a chronosequence of Chernobyl-contaminated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations. *Science of The Total Environment*, 325, 163–180. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.10.037>
- Holiaka, D. M., Levchuk, S. E., Protsak, V. P., & Kashparov, V. A. (2017). Rozpodil vmistu ^{137}Cs u derevyni stovbura sosny zvychainoi (*Pinus sylvestris* L.) Zhytomyrskoho Polissia pislia Chor-

- nobylskoi avarii [Distribution of ^{137}Cs activity concentration in wood Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of Zhytomyr Polissya after the Chernobyl accident]. *Ukrainian Nuclear Physics Journal "Nuclear Physics and Atomic Energy"*, 18(1), 63–71. [in Ukrainian].
- Kudzin, M., Zabrotski, V., & Harbaruk, D. (2017). Distribution of ^{137}Cs between the components of pine forest of Chernobyl NPP Exclusion zone. *Impact of Cesium on Plants and the Environment*, (pp. 149–169). Cham: Springer.
- HNPAR-2005. (2005). Sanitary standard for ^{137}Cs and ^{90}Sr of activity concentration in wood and products of wood. *Approved by the Ministry of Health of Ukraine of 31.10.2005. No. 573*. [in Ukrainian].
- Shcheglov, A., Tsvetnova, O., & KlyashTORIN, A. (2001). *Biogeochemical migration of technogenic radionuclides in forest ecosystems*. Moscow: Nauka. 320 p.
- SOU 02.02-37-476. (2006). *Areas of trial forest inventory. Method of laying*. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. 26 p. [in Ukrainian].
- Taylor, J. R. (1997). *An introduction to error analysis. The study of uncertainties in physical measurements*. (2nd ed.). Sausalito: University Science Books. 260 p.
- Thiry, Y., Colle, C., Yoschenko, V., Levchuk, S., Heens, M. Van., Hurtevent, P., & Kashparov, V. (2009). Impact of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantings on long term ^{137}Cs and ^{90}Sr recycling from a waste burial site in the Chernobyl Red Forest. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100(12), 1062–1068. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2009.05.003>
- Yoschenko, V., Ohkubo, T., & Kashparov, V., (2017a). Radioactive contaminated forest in Fukushima and Chernobyl. *Journal of Forest Research*, 22(4), 1–12. <https://doi.org/10.1080/13416979.2017.1356681>
- Yoschenko, V., Takase, T., Konoplev, A., Namba, K., Kivva, S., Zheleznyak, M., Sato, N., & Keitoku, K. (2017b). Radiocesium distribution and fluxes in the typical Cryptomeria japonica forest at the late stage after the accident at Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant. *Journal of Environmental Radioactivity*, 166(1), 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.017>
- Yoshida, S., Watanabe, M., & Suzuki, A. (2011). Distribution of radiocesium and stable elements within a pine tree. *Radiation Protection Dosimetry*, 146(1–3), 326–329. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncr181>

Д. Н. Голяка, В. А. Кашпаров, С. Е. Левчук, В. П. Процак, Н. М. Лазарев, В. В. Павлюченко, М. А. Голяка, Л. В. Йощенко

Національний університет біоресурсів і природопольовання України, г. Київ, Україна.

ДИНАМИКА ОСАДКОВ И ДОЖДЕВЫХ ВОД В РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

Представлены результаты наблюдений нисходящих потоков вещества и содержания в них ^{137}Cs для радиоактивно загрязненных древостоев сосны обыкновенной, в виде опада и дождевых вод. Выделены следующие компоненты опада: хвоя, кора, ветви и генеративная часть (шишки, почки, семена и их части). Дождевые воды, которые проникают сквозь кроны деревьев, классифицированы на следующие группы: стволовые и кроновые. Отбор образцов осуществлено равномерно в течение периода исследования. Охарактеризована помесечная динамика структуры и запасов элементов опада на основе 2,5 лет наблюдений (2014–2016 гг.) по сосновым древостоям. Выявлены закономерности помесечной динамики и структуры компонентов опада. Приведены данные изменения удельной активности ^{137}Cs и массы в пересчете на 1 м^3 для компонентов опада и дождевых вод с 01.10.2015 г. по 05.10.2016 г. На основе полученных исходных показателей за указанный период рассчитаны годовые средневзвешенные показатели для исследуемых элементов нисходящего потока: среднегодовая удельная активность ^{137}Cs , суммарная масса в абсолютно сухом состоянии на 1 м^2 и общая активность ^{137}Cs на 1 м^2 . Предыдущие исследования нисходящих потоков ^{90}Sr в сосновых древостоях указывают на значительные различия по сравнению с ^{137}Cs в соотношениях удельной активности компонентов дождевой воды и опада, что требует более детального исследования закономерностей динамики формирования опада и дождевых вод на биогеохимический круговорот ^{90}Sr в насаждениях сосны обыкновенной.

Ключевые слова: нисходящий поток; компоненты; удельная активность; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; сосна обыкновенная.

D. M. Holiaka, V. O. Kashparov, S. Ye. Levchuk, V. P. Protsak, M. M. Lazariev, V. V. Pavliuchenko, M. A. Holiaka, L. V. Yoshchenko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

THE DYNAMICS OF LITTERFALL, THROUGHFALL AND STEMFLOW IN RADIOACTIVELY CONTAMINATED PINE STANDS

The authors present the data of the study of the downflow of a matter of small biological cycle in radioactively contaminated forest ecosystems of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as a result of the Chernobyl accident. During the accident, a large number of radionuclides came into the surrounding environment. Currently, ^{90}Sr and ^{137}Cs are the most dangerous for forest phytocoenoses, so as they are included in the biogeochemical cycle through the trophic chains. In this research, the downfall of the matter of the tree stand was divided into two groups: solid parts (litterfall) and liquid fraction (rainwater). In turn, the structure of litterfall was classified as follows: needles, bark, branches and generative organs (cones, buds, seeds and their parts). Rainwater is separated as throughfall and stemflow. Using the obtained data from field observations for 2.5 years (2014–2016), we estimated the dynamics of the formation of litterfall components in calendar months. Experimental materials, collected in the interval from 01.10.2015 to 05.10.2016, are also used to represent the regularities of ^{137}Cs activity concentration for downfall components. The analysis of field data confirmed the presence of a maximum values for litterfall formation at the end of the growing season (September–October) due to the drop of the needles from crown. For other components of litterfall, clearly expressed regularities are not revealed. We calculated summary annual parameters for the components of the downfall: the average ^{137}Cs activity concentration, the accumulated weight and the total activity of ^{137}Cs per 1 м^2 of the investigated forest area. ^{137}Cs activity concentration in litterfall samples ($1287\text{--}6310\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) is much bigger than in rainwater ($1.28\text{--}11.2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$). However, due to much larger amounts of throughfall per unit area of the surface of the site, it has a decisive role in the formation of the return of ^{137}Cs from the elements of the pine stand to the soil (42.3 %). Other components of the downfall are characterized by a much lower percentage in the return of ^{137}Cs to the forest soil: needles (25.7 %), generative organs (13.7 %), bark (12.2 %), branches (3.8 %), stemflow (2.2 %). Previous studies of ^{90}Sr in components of downfall show that this radionuclide differs significantly from ^{137}Cs : it is much more accumulated in the dead parts of pine stand and less washed away by rain than ^{137}Cs . Therefore, the experimental data on the main depots and fluxes of ^{90}Sr must be obtained very quickly for adequately predict the radiological condition in the forests of the Chernobyl exclusion zone.

Keywords: downflow; components; activity concentration; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; Scots pine.