

## ЗНАЧЕННЯ ШАПКОВИХ ГРИБІВ У МІГРАЦІЇ $^{137}\text{Cs}$ НА ТЕРИТОРІЇ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ю.О. Бондар<sup>1</sup>, О.В. Дмитренко<sup>2</sup>, С.П. Ковальова<sup>3</sup>,  
С.П. Ткаченко-Канарська<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup> Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»

<sup>3</sup> Житомирська філія ДУ «Держґрунтохорона»

Велике значення у перерозподілі та фіксації радіонуклідів у навколишньому природному середовищі мають лісові екосистеми. Висвітлено, що останніми десятиліттями внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС оцінка рівня радіонуклідів у їстівних та неїстівних грибах становить особливий інтерес, оскільки деякі з них виявилися гіперакумуляторами забруднювальних речовин. Досліджено вміст  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті, підстильці та грибах лісових екосистем Чернігівської обл. У 2018 р. питома активність ґрунтів дослідного полігона була невисокою — у межах 62–400 Бк/кг. Найвищий рівень радіаційного фону зафіксовано у місці відбору неїстівного гриба свиняка тонкого — 0,16 мкЗв/год, а найнижчий — у точці відбору їстівної зеленушки — 0,08 мкЗв/год. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій підстильці дослідного майданчика була у межах 627–2366 Бк/кг і на порядок перевищувала відповідний показник у зразках ґрунту. Експериментальні дослідження засвідчили, що шапкові гриби виявились найбільш радіоактивно забрудненим компонентом лісових екосистем. Виявлено перевищення допустимого рівня вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у грибах на один-два порядки порівняно з ґрунтом, на якому росли плодові тіла, а саме: у підберезовика — у 38 разів, сирожки їстівної — у 36, бліді поганки та зеленушки — у 33 і опенька осіннього справжнього — у 30 разів. Визначено роль шапкових грибів у підвищенні міграційної здатності радіонуклідів. Наукові дослідження виявили значне збільшення біологічної доступності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах за допомогою грибів-макроміцетів і, ймовірно, зумовлене цим підвищення рівня захворюваності населення у районах відбору зразків.

**Ключові слова:** шапкові гриби, аварія на Чорнобильській АЕС, рівень активності, міграція,  $^{137}\text{Cs}$ .

До великих техногенних аварій часто застосовують два поняття — «аварія» і «катастрофа». Якщо поняття «аварія» вказує на незворотність її наслідків. Аварійні викиди радіоактивних речовин, які відбуваються під час експлуатації атомних енергетичних установок та радіохімічних виробництв, призводять до значного забруднення навколишнього природного середовища, наслідки якого можна охарактеризувати як катастрофу [1]. Дослідження наслідків таких аварій не втрачає своєї актуальності ще й тому, що основні дозоутворювальні радіонукліди ще три-

валий час становитимуть небезпеку для здоров'я людини і довкілля.

Особливе значення у перерозподілі та фіксації радіонуклідів у навколишньому природному середовищі мають лісові екосистеми. Ліс може відігравати роль глобального міграційного чинника. Радіонукліди, що осідають на кронах дерев, під впливом атмосферних опадів і внаслідок опадання листя переміщуються у лісову підстилку і залучаються до основних біогеологічних процесів [2], унаслідок чого відбувається вибіркова концентрація радіоактивних речовин у певних складових екосистеми, зокрема у їстівних грибах. Саме тому надзвичайно важливим є визначення ролі шапкових грибів у перерозподілі радіонуклідів між різними компонентами біогеоценозів, особливо це

стосується харчових ланцюгів, кінцевим реципієнтом яких є людина.

За даними японських дослідників [3], які вивчали міграцію  $^{137}\text{Cs}$  у кедрових лісах, забруднених унаслідок аварії на АЕС «Фукусіма-1» (Японія, 2011), у 2014–2016 рр. питома активність у надземній біомасі залишалася сталою, тоді як у підстилці вміст радіонуклідів значно зменшився (від  $20 \pm 11$  у 2014 р. до  $4,6 \pm 2,7\%$  у 2016 р.). Чинниками пониження у підстилці концентрації  $^{137}\text{Cs}$  були вимивання у ґрунт та зменшення забруднення свіжого опаду листя. Слід зауважити, що 80% радіонуклідів екосистеми містилися у верхньому 0–5 см шарі ґрунту. Порівнявши перерозподіл радіоактивного та стабільного цезію між різними компонентами екосистеми, автори дійшли висновку, що  $^{137}\text{Cs}$  поступово наближається до зрівноваженого стану з  $^{133}\text{Cs}$  у наземній біомасі.

Унаслідок аварії на ЧАЕС у Чернігівській обл. було забруднено  $^{137}\text{Cs}$  понад  $1 \text{ Ки}/\text{км}^2$  72,015 тис. га, значна частина яких припадала на ліси (19% лісового фонду). У післяаварійний період почав відбуватися процес самодезактивації поверхневого шару ґрунтів, але швидкість його є незначною. Горизонтальна міграція радіонуклідів не сприяла їх відчутному перерозподілу у лісових екосистемах. Станом на 2007 р. у верхньому 0–10 см шарі дерново-підзолистого супіщаного ґрунту відбулося зниження вмісту  $^{137}\text{Cs}$  — з 46 до 39% його загальної кількості [4]. Одним з найбільш постраждалих у Чернігівській обл. був Сосницький р-н.

Підвищений рівень радіоактивного забруднення у Чернігівській обл. впливає на стан здоров'я населення, що поступово погіршується [5]. Зменшується чисельність мешканців, визнаних здоровими, натомість зростає чисельність хворих. Йдеться про захворюваність крові та кровотворних органів, ендокринної системи та онкологію.

Дикорослі гриби — це традиційні харчові продукти для людини, а також важливе джерело поживних речовин для

диких тварин. Однак вони можуть бути видами особливо уразливими під час забруднення місцевості важкими металами та радіонуклідами [6]. На територіях, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, гриби є найбільш забрудненим компонентом лісових екосистем [1].

Українське Полісся вирізняється багатовидовим складом і високою врожайністю їстівних грибів. Традиційне використання місцевим населенням грибів у їжу, без попереднього проведення дозиметричного контролю, зумовлює надходження радіонуклідів до організму людини та збільшує річну сумарну ефективну дозу опромінення.

Після аварії на ЧАЕС упродовж перших трьох років у Європі середній вміст  $^{137}\text{Cs}$  у грибах був вищим, ніж у мохах та лишайниках [7], та у 5–270 разів вищим, ніж у судинних рослинах [8]. Це співвідношення зберігається і дотепер. За даними вчених [9], забрудненість лісових грибів  $^{137}\text{Cs}$  досягає 1230 Бк/кг, що перевищує допустимий рівень на 146%.

Рівень забруднення грибів у Чернігівській обл. у 1999 р. був надзвичайно високий — 2590–118 600 Бк/кг, що у понад 40 разів перевищує допустимий (ДР-2006 — 2500 Бк/кг) [10].

Однією із основних умов, що визначають величину накопичення радіонуклідів грибами, є видова приналежність останніх. За даними В.П. Краснова [11], найінтенсивніше накопичує радіонукліди польський гриб, проте у роботах П.С. Гнатів [12] було доведено, що такі гриби, як рядовка зелена (*Tricholoma equestre* (L. ex Fr.) Kumm.) та хрящ-молочник червоно-коричневий (*Lactarius volemus* Fr.), накопичують  $^{137}\text{Cs}$  у два-три рази інтенсивніше, ніж польський гриб.

Було виявлено [6], що крім традиційних дозоутворювальних радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{40}\text{K}$ , гриби роду *Leccinum* (Болевотів) активно накопичують і альфа-випромінюючі радіонукліди  $^{210}\text{Po}$  і  $^{210}\text{Pb}$  у кількостях від  $0,59 \pm 0,38$  до  $3,2 \pm 0,2$  Бк/кг та від  $0,45 \pm 0,04$  до  $3,1 \pm 0,2$  Бк/кг відповідно.

Це дає змогу використовувати гриби як самостійні індикатори радіоактивного забруднення навколишнього природного середовища.

Метою наших досліджень було визначення ролі шапкових грибів у збільшенні біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах Чернігівської обл.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Репрезентативним експериментальним полігоном для проведення досліджень обрано територію Гутянського лісництва площею 4984,9 га, що входить до складу ДП «Холминське лісове господарство» і розташовується у південно-східній його частині на території Коропського та Соницького адміністративних р-нів Чернігівської обл.

Лісові масиви лісництва розкинулися на території зони змішаних лісів Східного Полісся України. На основній частині території переважають дернові середньопідзолисті ґрунти, розвинені на вододілах, створених супіщаними відкладеннями. На території лісництва поширеними є види їстівних грибів, як-от: маслюк звичайний (*Suillus luteus* L.), польський гриб (*Boletus badius* Elias Magnus Fries), білий гриб (*Boletus edulis* Bull.), зеленушка (*Tricholoma maequestre* L.), підберезовик (*Leccinum scabrum* Bull. ex Fr.), моховик зелений (*Xerocomus subtomentosus* L.), лисичка справжня (*Cantharellus cibarius* Fr.), сиріожка їстівна (*Russula vesca* Fr.). Серед отруйних видів грибів трапляються: свиняк тонкий (*Paxillus involutus* Batch. exFr.), мухомор червоний (*Amanita muscaria* Hook.), біла поганка (*Amanita phalloides* Secr.), опеньок сірчано-жовтий несправжній (*Hypholoma fasciculare* P. Kumm.).

Вивчення динаміки перерозподілу  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах проводили у два етапи: перший — польовий (відбір зразків, вимірювання радіаційного фону), другий — лабораторний (радіометричне визначення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$ ).

Відбір зразків проводили за стандартною методикою [1] у тих місцях, де було виявлено плодові тіла шапкових грибів.

Крім самого плодового тіла, відбирали проби ґрунту під міцелієм з глибини 10 см та лісову підстилку навколо гриба. Після попереднього очищення та висушування питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій підстилці, грибах і зразках ґрунту вимірювали на бета-радіометрі РУБ-01П6 [13]. Радіаційний фон у місцях відбору проб визначали радіометром-дозиметром гамма- і бета-випромінювань РКС-01 «Стора».

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами польових та експериментальних досліджень нами було визначено, що у 2018 р. питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтах дослідного полігона була невисокою — у межах 62–400 Бк/кг (табл. 1).

Найвищий рівень радіаційного фону зафіксовано у місці відбору неїстівного гриба свиняка тонкого — 0,16 мкЗв/год, а найнижчий — у точці відбору їстівної зеленушки — 0,08 мкЗв/год. Загалом, значення радіаційного фону не корелювалось з величинами питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у грибах, підстилці чи у зразках ґрунту. Це може бути спричинено, по-перше, випромінюванням інших компонентів екосистеми, які ми не брали до уваги під час дослідження. По-друге, різний рівень радіаційного фону у місцях відбору зразків за рівнозначних величин питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  може свідчити про збільшення біологічної доступності вказаного радіонукліда, що з'явився на поверхні ґрунту внаслідок відмирання плодових тіл грибів-макроміцетів. Проте обидва припущення потребують додаткових експериментальних досліджень.

Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій підстилці була у межах 627–2366 Бк/кг, що на порядок перевищує відповідний показник для зразків ґрунту. Це свідчить, що деревна, кущова та трав'яна рослинність, відмерлі рештки якої складають основну частину підстилки, містить значно більше радіонуклідів, ніж ґрунт, на якому вона росла.

За результатами наших досліджень було визначено, що вміст  $^{137}\text{Cs}$  у плодо-

Таблиця 1

Радіаційний фон і питома активність <sup>137</sup>Cs у грибах, підстилці та зразках ґрунту

№ проби, вид	Вид проби	Фон, мкЗв/год	N <sub>пр</sub> , імпульс/с	А, Бк/кг
1. Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> L.)	ґрунт	0,09	106,0	148,78
	гриб		103,0	1314,3
	підстилка		102,0	1366,7
2. Білий гриб ( <i>Boletus edulis</i> Bull.)	ґрунт	0,10	109,0	400,0
	гриб		104,0	920,0
	підстилка		100,1	1050,0
3. Білий гриб ( <i>Boletus edulis</i> Bull.)	ґрунт	0,11	110,0	188,37
	гриб		102,7	890,0
	підстилка		99,45	941,67
4. Зеленушка ( <i>Tricholo maequestre</i> Carolus Linnaeus)	ґрунт	0,08	102,25	61,68
	гриб		106,0	2033,3
	підстилка		104,0	927,27
5. Мухомор червоний ( <i>Amanita muscaria</i> Hook.)	ґрунт	0,12	02,85	64,18
	гриб		104,5	891,6
	підстилка		100,7	627,27
6. Підберезовик ( <i>Leccinum</i> <i>scabrum</i> Bull. ex Fr.)	ґрунт	0,12	102,3	101,19
	гриб		97,75	303,84
	підстилка		100,2	1280,0
7. Польський гриб ( <i>Boletus badius</i> Elias Magnus Fries)	ґрунт	0,10	106,75	161,88
	гриб		109,75	996,88
	підстилка		108,0	2366,67
8. Польський гриб ( <i>Boletus badius</i> Elias Magnus Fries)	ґрунт	0,13	110,25	112,67
	гриб		100,25	586,36
	підстилка		101,32	1505,0
9. Свиняк тонкий ( <i>Paxillus involutus</i> Batch. ex Fr.)	ґрунт	0,16	110,0	157,28
	гриб		105,75	1327,78
	підстилка		109,25	1287,5
10. Моховик зелений ( <i>Xerocomus subtomentosus</i> L.)	ґрунт	0,11	113,0	150,0
	гриб		102,75	1278,57
	підстилка		105,25	1272,2

вих тілах їстівних та неїстівних грибів не перевищує ДР-2006 і є однаковим з

відповідним показником для підстилочки, проте значно вищим за вказані величини

Таблиця 2  
Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у плодові тіла грибів

№ проби	Вид гриба	Кп, кБк/м <sup>2</sup>
1	Маслюк звичайний	32,9
2	Білий гриб	8,5
3	Білий гриб	17,5
4	Зеленушка	119,6
5	Мухомор червоний	52,5
6	Підберезовик	11,3
7	Польський гриб	22,7
8	Польський гриб	19,6
9	Свиняк тонкий	30,9
10	Моховик зелений	31,2

зразків ґрунту. Порівнюючи отримані дані з даними інших досліджень [10], які були проведені у 1999 р., можна зробити висновок, що за минулі 19 років уміст  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах Чернігівської обл. значно зменшився як унаслідок фізичного розпаду радіонукліда, так і завдяки антропогенному чиннику.

Видовий склад грибів-макроміцетів має велике значення у перерозподілі радіонуклідів у лісових екосистемах. За результатами досліджень встановлено, що за подібних рівнів радіоактивного забруднення ґрунту вміст вказаного ізотопу був вищий (до 4-х разів) у їстівних грибах: зеленушці, маслюку звичайному, моховику зеленому; та у отруйному – свиняку тонкому (табл. 2). Найнижчу активність  $^{137}\text{Cs}$  було виявлено у плодівих тілах підберезовиків, які, як відомо, відносяться до групи грибів середнього накопичення.

За 33 роки після аварії на ЧАЕС  $^{137}\text{Cs}$  значно «постарівав», тобто був зв'язаний твердою фазою ґрунту. Проте отримані результати досліджень засвідчили, що шапкові гриби у процесі свого існування вивільняють цей радіонуклід, підвищуючи його біологічну доступність. Незважаючи на незначну питому частку, макроміцети

відіграють помітне значення у перерозподілі радіонукліда у лісових екосистемах. Чинником цього є й недовговічність їхніх плодівих тіл, що швидко розкладаються, віддаючи весь вміст радіонукліда у доступній водорозчинній формі іншим ярусам рослинності, значно активуючи колообіг цезію у лісових екосистемах. Накопичений  $^{137}\text{Cs}$  гриби завдяки мікоризи передають іншим рослинам (підтвердженням цього є значний рівень забруднення лісової підстилки), сприяють міграції радіонукліда на інші території за допомогою абіотичних чинників (змив опадами, вітрове перенесення) та біотичних (поїдання плодівих тіл тваринами і вжиття у їжу людиною).

## ВИСНОВКИ

Сосницький р-он, на території якого розташовується Гутянське лісництво, відноситься до найбільш радіоактивно забруднених унаслідок аварії на ЧАЕС територій Чернігівської обл. Нині вміст  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті лісових екосистем порівняно з іншими компонентами є незначним і не перевищує 110 кБк/м<sup>2</sup>. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у плодівих тілах їстівних та неїстівних грибів не перевищує ДР-2006 і є однаковою зі значенням відповідного показника для підстилки, проте значно вищою, ніж у зразках ґрунту. Це свідчить, що недовговічні плодіві тіла швидко розкладаються, віддаючи весь вміст радіонукліда у доступній водорозчинній формі іншим ярусам рослинності, значно активізуючи колообіг цезію у лісових екосистемах, що може бути одним із чинників, які зумовлюють підвищення рівня захворюваності населення району. Така радіаційна ситуація потребує нагального вирішення великої кількості питань з охорони та поліпшення стану навколишнього природного середовища. Найголовнішою проблемою є те, що грибниця макроміцета розповсюджується на великі відстані, включається в процеси колообігу і робить  $^{137}\text{Cs}$  доступним іншим рослинам унаслідок відмирання наземних частин. Цей

процес відбувається й буде відбуватися на одному і тому самому місці тривалий час. Тому буде спостерігатися локальне накопичення доступного радіонукліда у значних кількостях, утворюючи високоактивні радіонуклідні плями. Рослини, які виростуть на цих місцях, будуть містити

значну кількість радіонуклідів, а далі харчовим ланцюгом  $^{137}\text{Cs}$  буде мігрувати на великі відстані і потрапляти до організму людини. Нині нами зафіксовано початковий етап збільшення біологічної доступності, тому вивчення особливостей цього процесу є актуальною проблемою.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вишневский Д.А. Радиоэкологический мониторинг лесов в ситуации крупной радиационной аварии / Д.А. Вишневский, Н.Е. Зарубина, О.Л. Зарубин. — К.: ТОВ «Наш формат», 2015. — 114 с.
2. Трохимчук І. Лісорозведення на радіаційно забрудненій території / І. Трохимчук // Вісник Черкаського університету. — 2015. — № 19. — С. 121–126.
3. Radioactive and stable cesium isotope distributions and dynamics in Japanese cedar forests / V. Yoschenko, T. Takase, T. Hinton et al. // Journal of Environmental Radioactivity. — 2018. — Vol. 186. — P. 34–44.
4. Гавій В.М. Радіаційний стан Чернігівщини та його вплив на здоров'я населення / В.М. Гавій, Т.М. Шовкун // Вісник ОДЕУ. — 2007. — Вип. 4. — С. 35–40.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2004 рік / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України; Державне управління екології та природних ресурсів в Чернігівській області. — Чернігів, 2005. — 204 с.
6.  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in forest mushrooms of genus *Leccinum* and topsoil from northern Poland and its contribution to the radiation dose / K. Szymańska, J. Falandyś, B. Skwarzec, D. Strumińska-Parulska // Chemosphere. — 2018. — Vol. 213. — P. 133–140.
7. Довідник для радіологічних служб Мінсільгосп-прод України / Б.С. Пристер, Ю.О. Іванов, В.Г. Гермашенко та ін. — К.: Нора-прінт, 1997. — 175 с.
8. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б.С. Пристер, Н.А. Лоцилов, О.Ф. Немец, В.А. Поляков. — К.: Урожай, 1988. — 256 с.
9. Полінкевич В.А. Радіологічна оцінка продукції лісу в межах північних районів Житомирської області / В.А. Полінкевич, А.В. Катковський, О.А. Саук // Вісник ЖНАЕУ. — 2015. — № 1(47), Т. 1. — С. 19–27.
10. Патлай І.М. Основы лісової радіоекології / І.М. Патлай, М.М. Давидов, В.П. Ландін. — К.: Ярмарок, 1999. — 252 с.
11. Краснов В.П. Радіоекологія лісів Полісся України / В.П. Краснов. — Житомир: Волинь, 1998. — 112 с.
12. Гнатів П.С. Вивчення акумуляції цезію-137 макроміцетами в умовах Волинського Полісся у віддалений період після аварії на ЧАЕС / П.С. Гнатів, С.М. Голуб, В.О. Голуб // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. — 2010. — № 7. — С. 169–176.
13. Практикум з радіобіології та радіоекології / В.А. Гайченко, І.М. Гудков, В.О. Кашпаров та ін. — Херсон: Олді-Плюс, 2014. — 278 с.

## REFERENCES

1. Vishnevskiy, D.A., Zarubina, N.E., Zarubin, O.L. (2015). *Radioekologicheskii monitoring lesov v situatsii krupnoy radiatsionnoy avarii [Radioecological monitoring of forests in a situation of a major radiation accident]*. Kyiv: Nash format [in Russian].
2. Trokhymchuk, I. (2015). *Lisorozvedennia na radiatsiino zabrudnenii terytorii [Deforestation in radiation contaminated territory]*. *Visnyk Cherkaskoho universytetu — Bulletin of Cherkasy University*, 19, 121–126 [in Ukrainian].
3. Yoschenko, V., Takase, T., Hinton, T. et al. (2018). Radioactive and stable cesium isotope distributions and dynamics in Japanese cedar forests. *Journal of Environmental Radioactivity*, 186, 34–44 [in English].
4. Havii, V.M., Shovkun, T.M. (2007). Radiatsiinyi stan Chernihivshchyny ta yoho vplyv na zdorov'ia naselennia [Radiation status of Chernihiv region and its impact on public health]. *Visnyk ODEU — Bulletin of the Odessa State Environmental University*, 4, 35–40 [in Ukrainian].
5. *Dopovid pro stan navkolishmoho pryrodnoho sere-dovyshcha v Chernihivskii oblasti za 2004 rik [Report on the Environment in Chernihiv oblast for 2004]*. Chernihiv [in Ukrainian].
6. Szymańska, K., Falandyś, J., Skwarzec, B., Strumińska-Parulska, D. (2018).  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in forest mushrooms of genus *Leccinum* and topsoil from northern Poland and its contribution to the radiation dose. *Chemosphere*, 213, 133–140 [in English].
7. Prister, B.S., Ivanov, Yu.O., Hermashenko, V.H., Bondar, P.F., Kashparov, V.O., Kalshenko, L.V., Lazarev, M.M., Lundin, S.M., Perepeliatnikova, L.V.,

- Romanov, L.M., Semeniutin, O.M., Dolhyi, M.L., Zahorulko, O.V. (1997). *Dovidnyk dlia radiolohichnykh sluzhb Minsilhospprod Ukrainy [Handbook for Radiological Services of the Ministry of Agriculture and Food of Ukraine]*. Kyiv: Nora-print [in Ukrainian].
8. Prister, B.S., Loshchilov, N.A., Nemets, O.F., Poyarkov, V.A. (1988). *Osnovy sel'skokhozyaystvennoy radiologii [Fundamentals of Agricultural Radiology]*. Kyiv: Urozhay [in Russian].
  9. Polinkevych, V.A., Katkovskiy, A.V., Sauk, O.A. (2015). Radiolohichna otsinka produktsii lisu v mezhakh pivnichnykh raioniv Zhytomyrskoi oblasti [Radiological evaluation of forest production within the northern regions of Zhytomyr region]. *Visnyk ZhNAEU – Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*, 1(47), 19–27 [in Ukrainian].
  10. Patlai, I.M., Davydov, M.M., Landin V.P. (1999). *Osnovy lisovoi radioekolohii [Fundamentals of forest radioecology]*. Kyiv: Yarmarok [in Ukrainian].
  11. Krasnov, V.P. (1998). *Radioekolohiia lisiv Polissia Ukrainy [Radioecology of forests of Polesie of Ukraine]*. Zhytomyr: Volyn [in Ukrainian].
  12. Hnativ, P.S., Holub, S.M., Holub, V.O. (2010). Vyvchennia akumulatsii tseziyu-137 makromitsetamy v umovakh Volynskoho Polissia y viddalenyi period pislia avarii na ChAES [Studying of cesium-137 accumulation by macromycetes in the conditions of Volyn Polissya in the remote period after the Chernobyl accident]. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii – Nature West Polesie and adjacent areas* 7(2), 169–176 [in Ukrainian].
  13. Haichenko, V.A., Hudkov, I.M., Kashparov, V.O., Kitsno, V.O., Lazariev, M.M. (2014). *Praktykum z radiobiolohii ta radioekolohii [Workshop on radiobiology and radioecology]*. Kherson: Oldi-Plius [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 09.10.2019