

В. П. Краснов^{1,*}, В. В. Мельник¹, Т. В. Курбет¹,
О. В. Жуковський², О. В. Зборовська², О. О. Орлов²

¹ Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, Україна

² Поліський філіал Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, Довжик, Житомирська обл., Україна

*Відповідальний автор: volodkrasnov@gmail.com

ДИНАМІКА ПИТОМОЇ АКТИВНОСТІ ¹³⁷Cs У КОНВАЛІЇ ЗВИЧАЙНОЇ (*CONVALLARIA MAJALIS* L.) У ЛІСАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ПІСЛЯ АВАРІЇ НА ЧАЕС

Представлено результати багаторічних досліджень щодо накопичення ¹³⁷Cs у надземній фітомасі конвалії звичайної (*Convallaria majalis* L.) у вологих сугрудах мішаних лісів Житомирського Полісся. Показано загальне зменшення питомої активності радіонукліда за період спостережень (1991 - 2018) у траві конвалії звичайної у 11,1 - 17,3 раза. Виявлено підвищення даного показника в окремі роки та періоди, що, можливо, пов'язано з погодними умовами конкретного року та циклічністю міграції ¹³⁷Cs у лісовому біогеоценозі. Виявлено залежність між щільністю радіоактивного забруднення ґрунту ¹³⁷Cs та вмістом радіонукліда у траві та суцвіттях конвалії звичайної.

Ключові слова: радіонукліди, конвалія звичайна, коефіцієнт переходу, радіоактивне забруднення ґрунту, питома активність радіонукліда, дерново-підзолисті ґрунти.

1. Вступ

Конвалія звичайна (*Convallaria majalis* L.) – це трав'яниста, багаторічна, тіньовитривала рослина, яка поширена в лісах по всій Україні, крім високогір'я Карпат і південної частини степу. У Поліссі, частинах лісостепу та Карпат утворює густі куртини на значних площах. Це невисока (20 - 30 см) рослина, яка має повзуче, багаторічне, довге кореневище. На останньому знаходяться бруньки поновлення, з яких щорічно формується надземна частина рослини. Від кореневища відходять також чисельні дрібні, мочковидні корені. Конвалія звичайна є індикатором свіжих і вологих сугрудів і грудів, але зустрічається також і в інших умовах місцезростання – свіжих і вологих суборах [1]. Дана рослина є індикатором радіоактивного забруднення лісів та своєрідним тест-об'єктом, оскільки має багаторічне кореневище, в якому можуть накопичуватися радіонукліди; однорічні надземні пагони і суцвіття, за допомогою яких можна характеризувати щорічні темпи надходження радіоактивних елементів; розгалужені численні корені, які знаходяться у верхній (10 - 12 см) частині гумусово-елювіального горизонту лісових ґрунтів. Конвалія звичайна широко використовується в офіційній і народній медицині [2].

Після аварії на ЧАЕС дослідження з вивчення особливостей накопичення радіонуклідів різними видами трав'янистих рослин проводились у різних державах, які зазнали впливу аварійних викидів. У Білорусі науковцями вивчалась інтенсивність накопичення ¹³⁷Cs рослинами трав'яно-

чагарничкового ярусу соснових насаджень різних типів лісу та встановлення впливу ґрунтових характеристик на даний процес [3]. Дослідники розмістили рослини, які зростають у сосняках чорничних, у ряд за величиною коефіцієнта переходу радіонукліда: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. > *Majanthemum bifolium* (L.) F. Schmidt. > *Vaccinium myrtillus* L. > *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. > *Convallaria majalis* L. > *Vaccinium vitis-idaea* L. > *Festuca ovina* L. Схожі результати навели автори публікації для дібров орлякових: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn > *Betonica officinalis* (L.) Trevis > *Polygonatum officinale* All. > *Convallaria majalis* L. Представлені матеріали не свідчили про значну інтенсивність накопичення ¹³⁷Cs конвалією звичайною. Схожі дані отримали й інші науковці в Білорусі, які вивчали інтенсивність накопичення даного радіонукліда трав'янистими видами у різних типах лісу автоморфних і гідроморфних ландшафтів [4].

Оскільки конвалія звичайна має багаторічне кореневище, білоруські дослідники у другій половині 90-х років минулого століття встановлювали вміст ¹³⁷Cs у кореневищі, сисних коренях, бруньках поновлення на кореневищах і надземній фітомасі у середині літа [5]. Вони відзначили високі рівні вмісту радіонукліда у сисних коренях і бруньках поновлення, а найменший у самому кореневищі.

У Росії, у перші роки після аварії на ЧАЕС, вивчалась інтенсивність накопичення ¹³⁷Cs видами трав'янистих рослин лісових екосистем [6]. Було встановлено, що міжвидові відмінності у величині

© В. П. Краснов, В. В. Мельник, Т. В. Курбет,
О. В. Жуковський, О. В. Зборовська, О. О. Орлов, 2019

2. Об'єкти та методи

нах коефіцієнтів переходу в однакових екологічних умовах сягають двох порядків. Також дослідниками було виявлено, що інтенсивність поглинання радіонуклідів із ґрунту залежить від типу кореневої системи рослин і глибини її розміщення у ґрунті [7]. Найбільші величини коефіцієнтів переходу (Кп) ^{137}Cs з ґрунту до кореневих систем були встановлені у рослинах, які мали багаторічні кореневища, що горизонтально залягали у ґрунті [8] (що притаманне конвалії лікарській).

В Україні за результатами досліджень перших років після аварії на ЧАЕС були опубліковані результати вивчення інтенсивності накопичення радіонуклідів численними видами рослин [9], а також деякими лікарськими рослинами [10] на територіях, що зазнали впливу аварійних викидів. На початку 90-х минулого століття з'явилася невелика кількість публікацій, в яких на досить нечисленному експериментальному матеріалі робилися деякі конкретні висновки. Так, дослідники запропонували такий ряд сировини в порядку зменшення вмісту ^{137}Cs : *Vaccinium myrtillus* L. (ягоди) > *Thymus serpyllum* L. (трава) > *Convallaria majalis* L. (трава) > суниці лісові *Fragaria vesca* L. (трава) > *Helichrysum arenarium* (L.) DG (трава) > *Hypericum perforatum* L. (трава) > *Origanum vulgare* L. (трава) [11]. Автори публікації віднесли конвалію лікарську до групи рослин із середньою інтенсивністю накопичення радіонукліда.

Згодом дані дослідження були розширені [12, 13]. Було встановлено значні коливання рівнів радіоактивного забруднення лікарських рослин по роках. Відзначені коливання пояснювали особливостями погодних умов конкретного року спостережень. У публікаціях на прикладі окремих видів рослин констатується поступове зниження їхнього радіоактивного забруднення. Науковці пояснюють подібне явище більш жорстким закріпленням радіоактивних елементів у ґрунті. Дещо пізніше була опублікована стаття, безпосередньо присвячена конвалії лікарській [14]. У ній наведено динаміку радіоактивного забруднення надземної фітомаси даної рослини протягом 1991 - 2008 рр., розрахунки залежності між вмістом радіонуклідів у ґрунті та в конвалії лікарській, представлено рекомендації щодо заготівлі звичайної сировини в лісах, забруднених радіонуклідами.

Метою наших досліджень було вивчення динаміки радіоактивного забруднення надземної фітомаси та суцвіть конвалії звичайної у вологих сугрудах лісів Житомирського Полісся після аварії на ЧАЕС (1991 - 2018).

Дослідження проводились у північній частині Житомирської області у лісових масивах державного підприємства (ДП) «Лугинське ЛГ» на 8 постійних пробних площах (ППП) розміром 50×50 м. Усі ППП закладено у 1991 р. у вологих сугрудах, в яких зростали сосново-дубові лісові насадження віком 40 - 50 років із невеликою участю берези повислої (*Betula pendula* Roth.) та осики (*Populus tremula* L.). Співвідношення листяних та хвойних деревних порід – 70 на 30 %. Підріст на ППП середньої густоти складався з берези повислої, осики і, рідше, із сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та дуба звичайного (*Quercus robur* L.). Підлісок рідкий і складався з горобини звичайної (*Sorbus aucuparia* L.) та крушини ламкої (*Frangula alnus* Mill.). Живий надґрунтовий покрив добре розвинутий (проективне покриття 65 - 90 %) і складався з: конвалії звичайної (*Convallaria majalis* L.) (30 - 60 %), купини звичайної (3 - 5 %), перлівки пониклої (*Melica nutans* L.) (1 - 2 %), буквиці лікарської (*Betonica officinalis* L.) (1 - 3 %), перстача білого (*Potentilla alba* L.) (1 - 3 %), орляка звичайного (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.) (1 - 3 %), суниць лісових (*Fragaria vesca* L.) (1 - 3 %) та численних інших видів (близько 30), участь яких була невелика. Асоціація: сосново-дубовий ліс конвалієво-різотравний.

Ґрунт – дерново-слабопідзолистий супіщаний. У ґрунтовому профілі виділялись малопотужна лісова підстилка (до 2 - 3 см); досить потужний гумусово-елювіальний горизонт (15 - 20 см); елювіальний горизонт, нечітко виражений, потужністю 20 - 25 см; ілювіальний горизонт потужністю до 40 см.

Дослідження проводились за єдиною методикою протягом 1991 - 2018 рр. (з 1991 по 2006 р. щорічно, у наступному – через 2 - 5 років). На кожній пробній площі закладали по 10 облікових площ розміром 1×1 м (у 2018 р. 6 для трави і 3 для суцвіть). Зменшення кількості облікових площ у 2018 р. пов'язане із зменшенням поширення конвалії звичайної на ППП та незначною кількістю суцвіть. На кожній обліковій площі зрізувалися всі особини конвалії звичайної з наступним розділенням на суцвіття і листки з пагонами та відбирався відповідний зразок ґрунту на глибину 10 см для визначення щільності радіоактивного забруднення ґрунту методом конверта (буром діаметром 5 см).

Усі відібрані зразки конвалії звичайної та ґрунту висушували в сушильних шафах, у подальшому розмелювали та гомогенізували. Питому активність ^{137}Cs визначали на багатоканальному

гамма-спектроаналізаторі імпульсів СЕГ-005-АКП із сцинтиляційними детекторами БДЕГ-20-Р1 та БДЕГ-20-Р2. Середня відносна похибка вимірювання активності радіонукліда становила $\pm 8\%$ (довірчий рівень 0,95). Результати досліджень оброблялися за допомогою пакета прикладних програм Microsoft Office Excel та Statistica 10.

3. Результати та обговорення

Вологі сугруди із сосново-дубовими насадженнями, в яких закладені ППП, характеризуються відносно багатими ґрунтами і є досить поширеними у Поліссі України. У цілому в даних екологічних умовах дослідники встановлювали значно менші рівні вмісту ^{137}Cs у лісових трав'янистих рослинах, ніж у борах і суборах [13]. У той же час у них зростають численні рослини, що використовуються в офіційній та народній медицині. Дані обставини вимагають постійних спостережень за динамікою рівнів радіоактивного забруднення хоча б деяких видів рослин. Подібні матеріали могли б слугувати певним орієнтиром для оцінки можливостей використання інших рослин, що зростають у даних умовах.

Результати досліджень, отримані у 2018 р., підтверджують відносно невеликі рівні вмісту ^{137}Cs у надземній частині фітомаси (траві) та суцвіттях конвалії звичайної. При коливанні щільності радіоактивного забруднення ґрунту даним радіонуклідом на ППП у межах $43,7 - 414,8 \text{ кБк/м}^2$ (максимальні значення у 9,5 рази більші від мінімальних) коливання питомої активності ^{137}Cs у суцвіттях ($301 - 1703 \text{ Бк/кг}$) і траві ($182 - 772 \text{ Бк/кг}$) конвалії звичайної знаходяться в менших діапазонах (у 5,7 і 4,2 разів відповідно).

Матеріали демонструють дещо меншу питому активність ^{137}Cs у траві конвалії звичайної по відношенню до її суцвіть. Так, перший показник коливався (залежно від щільності радіоактивного забруднення ґрунту на ППП) від $182 \pm 13,4$ до $772 \pm 76,9 \text{ Бк/кг}$, а другий – від $301 \pm 6,9$ до $1703 \pm 84,8 \text{ Бк/кг}$. Перевищення значень питомої активності радіонукліда в суцвіттях конвалії звичайної над величинами даного показника у траві становили (залежно від ППП) 1,3 - 2,5 рази. Слід відзначити, що дане перевищення збільшувалося на тих ППП, які мали вищі рівні радіоактивного забруднення ґрунту і, відповідно, більші величини питомої активності ^{137}Cs у траві та суцвіттях конвалії звичайної. Більші рівні радіоактивного забруднення суцвіть підтверджуються отриманими величинами Кп (рис. 1).

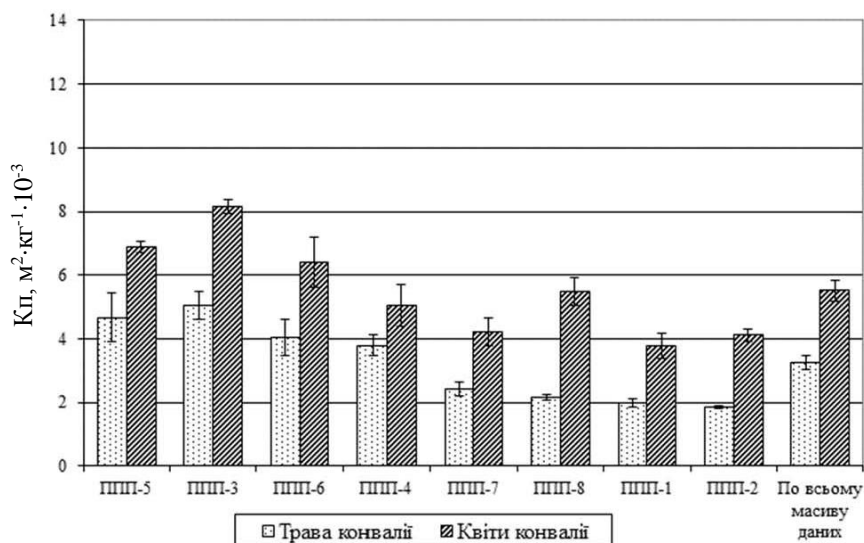


Рис. 1. Коефіцієнти переходу (Кп) ^{137}Cs у траву та квіти конвалії звичайної на ППП у 2018 р.

Цей показник має вищі значення для суцвіть – від $(3,8 \pm 0,39) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (ППП-1) до $(8,2 \pm 0,21) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (ППП-3), ніж для трави конвалії звичайної – від $(2,0 \pm 0,14) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (ППП-1) до $(5,1 \pm 0,45) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (ППП-3). Необхідно також відзначити, що при збільшенні величини щільності радіоактивного забруднення ґрунту не спостерігається збільшення значень Кп.

Найбільші величини Кп для суцвіть і трави

конвалії звичайної встановлені на ППП-3, а найменші – на ППП-1. Конвалія звичайна має багаторічне кореневище, в якому концентруються елементи живлення (у тому числі й калій). Останні використовуються рослиною навесні для поновлення однорічної надземної частини (пагонів, листків, суцвіть), особливо на початку вегетаційного періоду, коли ще не розпочалося інтенсивне надходження елементів живлення з ґрунту. Ві-

домо, що калій, який є аналогом цезію, концентрується в клітинах молодих органів рослин [15]. Природно припустити, що ізотопи цезію також можуть міститися в них у більшій кількості. Тому рівні радіоактивного забруднення трави та суцвіть конвалії звичайної можуть визначатися не тільки вмістом радіонукліда у ґрунті, але й концентрацією його в кореневищі.

Отримані матеріали свідчать також про те, що існує залежність питомої активності ^{137}Cs у траві і суцвіттях конвалії звичайної від величини щільності забруднення ґрунту досліджуваним радіонуклідом (рис. 2). Дана залежність апроксимувалася лінійними рівняннями значної тісноти: для суцвіть $y = 3,57x + 195,97$ ($r^2 = 0,91$) і для трави $y = 1,52x + 160,75$ ($r^2 = 0,87$).

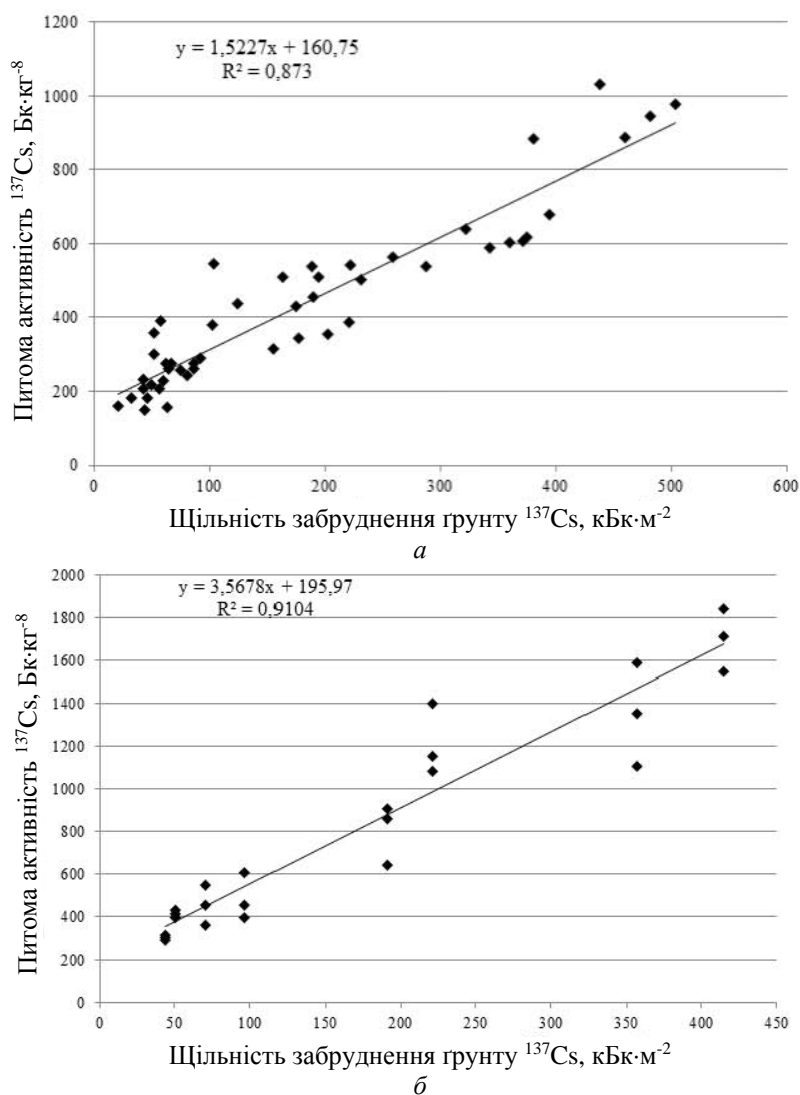


Рис. 2. Залежність питомої активності ^{137}Cs у траві і суцвіттях конвалії звичайної від щільності забруднення ґрунту радіонуклідом у 2018 р. (а - трава, б - суцвіття).

Слід також відзначити, що матеріали наших досліджень минулих років також дозволяли встановлювати тісні зв'язки між питомою активністю ^{137}Cs у траві і суцвіттях конвалії звичайної та щільністю радіоактивного забруднення ґрунту [14]. Це, у свою чергу, дозволяло рекомендувати заготівельникам ті території, на яких можливо було отримати лікарську рослинну сировину (лікарські рослини), радіоактивне забруднення якої не перевищувало б допустимі рівні вмісту ^{137}Cs (600 Бк/кг). Так, у 1998 р. заготівлю трави конвалії звичайної ми рекомендували на площах із

щільністю радіоактивного забруднення ґрунту до 101 кБк/м^2 , а заготівлю суцвіть до 41 кБк/м^2 . Природно, що в цілому простежується тенденція, за якою все більша частина лісових площ, уражених аварійними викидами ЧАЕС, із часом може використовуватися для заготівлі конвалії звичайної. Отримані у 2018 р. дані також підтверджують цю тенденцію – заготівля трави можлива при щільності радіоактивного забруднення ґрунту ^{137}Cs до 394 кБк/м^2 і суцвіть до 168 кБк/м^2 .

На всіх пробних площах спостерігається зменшення питомої активності ^{137}Cs у траві та суцвіттях

конвалії звичайної протягом періоду спостережень, але за цей же період простежується також деяке збільшення показника протягом одного або декількох років. Так, на ППП-1 (рис. 3) відбувалось зниження даного показника у траві конвалії звичайної з 1991 до 1994 р. – з 12188 ± 1156 до 5225 ± 436 Бк/кг (у 1,5 раза). У наступний період протягом 3 років (до 1997 р.) спостерігається збільшення даного показника до 7368 ± 723 Бк/кг (у 1,4 раза в порівнянні з 1994 р.). У подальшому в окремі роки та періоди (1999, 2003 - 2004, 2005 - 2011) також відзначається підвищення питомої активності ^{137}Cs у траві конвалії звичайної при загальному тренді – поступовому зниженні: з 1997 по 2018 р. у 10,5 раза. У цілому за період спостере-

жень із 1991 по 2018 р. даний показник зменшився в 17,3 раза – з 12188 ± 1156 до $705 \pm 83,6$ Бк/кг. Це зниження описується ступеневою функцією, яка є від'ємною та достатньо тісною. Подібну тенденцію і схожі коливання питомої активності ^{137}Cs у траві та суцвіттях конвалії звичайної виявлено й на інших ППП. Так, на ППП-2 простежується зменшення даного показника у траві конвалії звичайної з 8559 ± 794 Бк/кг (1991 р.) до 3226 ± 289 Бк/кг (1995 р.) – у 2,7 раза. У подальші роки спостережень відзначається загальне зменшення показника й невелике збільшення його в 1998, 2002, 2011 рр. На ППП-2 питома активність ^{137}Cs у траві зменшилась протягом періоду спостережень у 11,1 раза, що дещо менше, ніж на ППП-1.

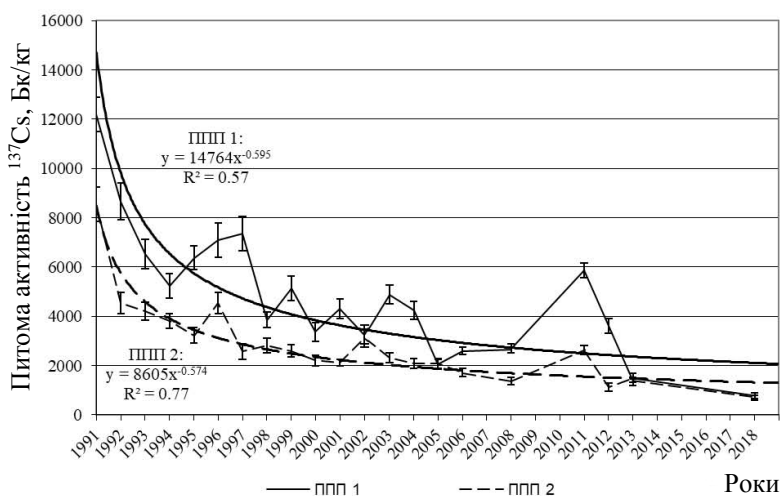


Рис. 3. Динаміка питомої активності ^{137}Cs у траві конвалії на ППП-1 і ППП-2 протягом 1991 - 2018 рр.

Загальне зниження питомої активності радіонукліда в різних частинах конвалії звичайної пояснюється: його розпадом у всіх компонентах біогеоценозу; збільшенням необмінних і міцно фіксованих форм у ґрунті; міграцією (заглибленням) за межі знаходження її кореневої системи; переміщенням частини активності ^{137}Cs у надземну частину лісових рослин, у першу чергу деревних [16]. Підвищення даного показника в окремі роки або протягом декількох років, у свою чергу, можна пояснити динамікою погодних умов кожного окремого року. Можливо, останнє ми відзначаємо в 1994 - 1997 рр. та 2005 - 2011 рр.

Значне зниження питомої активності ^{137}Cs у конвалії звичайної за період спостережень пояснюється, як ми вже відзначали, зміною радіаційної ситуації в лісовому біогеоценозі й у першу чергу, зниженням щільності радіоактивного забруднення ґрунту (у 2,5 - 3,0 рази залежно від ППП). Але в той же час дослідження із встановлення сучасного розподілу радіонукліда в дерново-підзолистих ґрунтах вологих сугрудів [17]

показали, що в лісовій підстилці та гумусово-елювіальному горизонті знаходиться 96 % від загального вмісту ^{137}Cs у ґрунті. Тобто коренева система конвалії звичайної, як і в попередні роки, знаходиться в найбільш насичених радіонуклідом шарах ґрунту, а значить, зберігаються умови для надходження його в рослини. Крім того, у даній публікації зазначається, що питома активність ^{137}Cs в розкладеній частині лісової підстилки досить висока і перевищує даний показник для верхніх шарів гумусово-елювіального горизонту.

Зіставлення Кп радіонукліда з ґрунту до трави та суцвітть у різні роки спостережень указують на деяке зниження лише максимальних значень даного показника з часом. Так, у 1998 р. величина Кп ^{137}Cs до трави конвалії звичайної (на ППП) була в межах $(2,2 - 8,2) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, у 2018 р. – $(2,0 - 5,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, а в суцвіттях у 1998 р. – $(4,2 - 13,3) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, у 2018 р. – $(3,8 - 8,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$. Отримані матеріали свідчать про значну рухливість радіонукліда в даному типі ґрунтів у вологих сугрудах.

4. Висновки

На основі 27 річних досліджень уперше досліджено тривалу динаміку питомої активності ¹³⁷Cs та розраховано коефіцієнти переходу радіонукліда до надземної частини конвалії звичайної у вологих сугрудах лісів Житомирського Полісся.

Спостерігається значне зменшення питомої активності ¹³⁷Cs у надземній частині конвалії звичайної протягом 1991 - 2018 рр. За період спостережень даний показник зменшився в 11,1 (ППП-2) та 17,3 (ППП-1) рази: з $8559 \pm 794,0$ до $772 \pm 76,9$ Бк/кг та з 12188 ± 1156 до

$705 \pm 83,6$ Бк/кг відповідно. Відзначені закономірності пояснюються розпадом радіонукліда, більш жорстким його закріпленням у ґрунті та міграцією до інших компонентів лісових екосистем.

Продовжується достатньо інтенсивне надходження ¹³⁷Cs до надземної частини конвалії звичайної у вологих сугрудах лісів Житомирського Полісся. Величина коефіцієнтів переходу ¹³⁷Cs з ґрунту до суцвіть коливалася від $(3,8 \pm 0,39) \times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (ППП-1) до $(8,2 \pm 0,21) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (ППП-3), а до трави конвалії звичайної – від $(2,0 \pm 0,14) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (ППП-1) до $(5,1 \pm 0,45) \times 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (ППП-3).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.П. Краснов, О.О. Орлов, М.М. Ведмідь. *Атлас рослин-індикаторів і типів лісорослинних умов Українського Полісся* (Новоград-Волинський, 2009) 490 с.
2. В.И. Чопик, Л.Г. Дудченко, А.Н. Краснова. *Дикорастущие полезные растения Украины. Справочник* (К.: Наук. думка, 1983) 400 с.
3. О.О. Ермакова. Радиоекологический мониторинг аккумуляции ¹³⁷Cs в растениях живого напочвенного покрова лесных ценозов. В кн.: Тез. докл. Междунар. конф. «Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях», Москва, 24 - 26 апр. 2000 г. (Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2000) с. 217.
4. Н.В. Елиашевич. Авария на ЧАЭС: загрязнение травянистых растений. Практические аспекты. Вести АН Беларуси. Сер. физ.-энергетич. наук 1 (1992) 5.
5. А.И. Заболотный. Миграция ¹³⁷Cs в системе почва - растение - почва с участием ландыша майского и купены лекарственной. В кн.: Тез. докл. на Междунар. конф. «Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях», Москва, 24 - 26 апр. 2000 г. (Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2000) с. 215.
6. А.И. Щеглов и др. Биогеохимический цикл и потоки ¹³⁷Cs в лесных ландшафтах. В кн.: Третий съезд по радиационным исследованиям. Тез. докл. Т. 2 (Пушино, 1997) с. 383.
7. N.I. Sanzharova et al. Changes in forms of ¹³⁷Cs and availability for plants as dependent on properties of fallout after the Chernobyl Nuclear Power Plant accident. *Sci. Total. Environ.* 154 (1994) 9.
8. Л.Н. Барыбин и др. Коэффициенты накопления цезия-137 растениями с различным типом корневых систем В кн.: IV съезд по радиационным исследованиям, Москва, 20 - 24 нояб. 2001 г. Тез. докл. Т. II (Москва: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001) с. 629.
9. Д.М. Гродзинский, К.Д. Коломиец, Ю.А. Кутлахмедов. *Антропогенная радионуклидная аномалия и растения* (К.: Лыбидь, 1991) 160 с.
10. С.В. Дмитриев и др. О загрязнении дикорастущих лекарственных растений цезием-137. Гигиена и санитария 12 (1991) 51.
11. А.А. Орлов, В.П. Краснов, А.Н. Чепеловский. Накопление радионуклидов недревесными продуктами леса. В кн.: Основы организации и ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения. Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. (Гомель, 1990) с. 23.
12. В.П. Краснов и др. Загрязнение цезием-137 лекарственных растений лесов Украинского Полесья. Растительные ресурсы 32(3) (1996) 36.
13. В.П. Краснов, О.О. Орлов, А.І. Гетьманчук. *Радіоекологія лікарських рослин* (Житомир: Волинь, 2004) 264 с.
14. В.П. Краснов, Т.В. Курбет, О.О. Орлов. Акумуляція ¹³⁷Cs в органах конвалії звичайної у вологих сугрудах Полісся України. *Лісівництво і агролісомеліорація* 118 (2011) 64.
15. М.М. Мусієнко. *Фізіологія рослин*. Підручник для вузів. 2-е вид. (К.: Либідь, 2005) 808 с.
16. В.П. Краснов и др. *Прикладная радиоекология леса* (Житомир: Полісся, 2007) 680 с.
17. В.П. Краснов та ін. Розподіл ¹³⁷Cs у дерново-підзолистих ґрунтах лісів Полісся України. *Ядерна фізика та енергетика* 16(3) (2015) 247.

В. П. Краснов^{1,*}, В. В. Мельник¹, Т. В. Курбет¹, О. В. Жуковский², О. В. Зборовська², А. А. Орлов²

¹ Государственный университет «Житомирская политехника», Житомир, Украина

² Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, Довжик, Житомирская обл., Украина

*Ответственный автор: volodkrasnov@gmail.com

ДИНАМІКА УДЕЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ¹³⁷Cs В ЛАНДЫШЕ ОБЫКНОВЕННОМ (CONVALLARIA MAJALIS L.) В ЛЕСАХ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

Представлены результаты многолетних исследований по накоплению ¹³⁷Cs в надземной фитомассе ландыша обыкновенного (*Convallaria majalis* L.) во влажных сугрудах смешанных лесов Житомирского Полесья. Показано общее уменьшение удельной активности радионуклида за период наблюдений (1991 - 2018) в траве ландыша

обыкновенного в 11,1 - 17,3 раза. Выявлено повышение данного показателя в отдельные годы и периоды, что, возможно, связано с погодными условиями конкретного года и цикличностью миграции ^{137}Cs в лесном биогеоценозе. Выявлены зависимости между плотностью радиоактивного загрязнения почвы ^{137}Cs и содержанием радионуклида в траве и соцветиях ландыша обыкновенного.

Ключевые слова: радионуклиды, ландыш обыкновенный, коэффициент перехода, радиоактивное загрязнение почвы, удельная активность радионуклидов, дерново-подзолистые почвы.

V. P. Krasnov^{1*}, V. V. Melnik¹, T. V. Kurbet¹, O. V. Zhukovsky², O. V. Zborovska², O. O. Orlov²

¹ State University "Zhytomyr Polytechnic", Zhytomyr, Ukraine

² G. M. Vysotsky Poliskiy Branch of Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Dovzhyk, Zhytomyr region, Ukraine

*Corresponding author: volodkrasnov@gmail.com

DYNAMICS OF ^{137}Cs SPECIFIC ACTIVITY IN *CONVALLARIA MAJALIS* L. IN POLISSIA FORESTS OF UKRAINE AFTER THE ACCIDENT AT CHORNOBYL NUCLEAR POWER PLANT

Results of many years of the research on ^{137}Cs accumulation of Lily of the valley (*Convallaria majalis* L.) in the above-ground phytomass in wet sugrudy of the mixed forests of Zhytomyr Polissia are presented. The radionuclide specific activity in Lily of the valley decreased by 11.1 - 17.3 times during the observation period (1991 - 2018). The increase of this indicator was revealed in certain years and periods, which is possibly due to weather conditions of particular year and cyclic migration of ^{137}Cs in forest biogeocoenosis. The dependence between the density of ^{137}Cs radioactive contamination of soil and the content of radionuclide in grass as well as in common inflorescences of Lily of the valley is revealed.

Keywords: radionuclides, Lily of the valley, transfer factor, radioactive contamination of soil, specific activity of radionuclide, sod-podzolic soils.

REFERENCES

1. V.P. Krasnov, O.O. Orlov, M.M. Vedmid. *Atlas of Plants-Indicators and Types of Forest Conditions in Ukrainian Polissya* (Novograd-Volynsky, 2009) 490 p. (Ukr)
2. V.I. Chopik, L.G. Dudchenko, A.N. Krasnova. *Wild Useful Plants of Ukraine. Reference Book* (Kyiv: Nauk. Dumka, 1983) 400 p. (Rus)
3. O.O. Ermakova. Radioecological monitoring of ^{137}Cs accumulation in plants of the living ground cover of forest cenoses. In: Book of Abstracts of the Intern. Conf. "Radioactivity in Nuclear Explosions and Accidents", Moskva, April 24 - 26 2000 (St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2000) p. 217. (Rus)
4. N.V. Eliashevich. The accident at the Chernobyl NPP: pollution of herbaceous plants. Practical aspects. *Vesti AN Belarusi. Ser. Fiz.-Energetich. Nauk* 1 (1992) 5. (Rus)
5. A.I. Zabolotny. Migration of ^{137}Cs in the system soil - plant - soil with the participation of the lily of the valley and kupena medicinal. In: Book of Abstracts of the Intern. Conf. "Radioactivity in Nuclear Explosions and Accidents", Moskva, April 24 - 26 2000 (St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2000) p. 215. (Rus)
6. A.I. Shcheglov et al. Biogeochemical cycle and ^{137}Cs flows in forest landscapes. In: Third Congress on Radiation Research. Abstracts. Vol. 2 (Pushchino, 1997) p. 383. (Rus)
7. N.I. Sanzharova et al. Changes in forms of ^{137}Cs and availability for plants as dependent on properties of fallout after the Chernobyl Nuclear Power Plant accident. *Sci. Total. Environ.* 154 (1994) 9.
8. L.N. Barybin et al. Cesium-137 accumulation coefficients by plants with different types of root systems. In: IV Congress on Radiation Research, Moskva, 20 - 24 Nov. 2001. Abstracts. Vol. II (Moskva: Peoples' Friendship University of Russia, 2001) p. 629. (Rus)
9. D.M. Grodzinsky, K.D. Kolomiets, Yu.A. Kutlakhmedov. *Anthropogenic Radionuclide Anomaly and Plants* (Kyiv: Lybid, 1991) 160 p. (Rus)
10. S.V. Dmitriev et al. On the contamination of wild medicinal plants with cesium-137. *Gigiyena i Sanitariya* 12 (1991) 51. (Rus)
11. A.A. Orlov, V.P. Krasnov, A.N. Chepelovsky. Accumulation of radionuclides by non-timber forest products. In: Fundamentals of Organization and Management of Forestry in Radioactive Contamination Conditions. Abstracts of the All-Union Scientific-Practical Conf. (Gomel, 1990) p. 23. (Rus)
12. V.P. Krasnov et al. Pollution by cesium-137 of medicinal plants of forests of the Ukrainian Polesye. *Rastitel'nyye resursy* 32(3) (1996) 36. (Rus)
13. V.P. Krasnov, O.O. Orlov, A.I. Getmanchuk. *Radioecology of Medicinal Plants* (Zhytomyr: Volyn, 2004) 264 p. (Ukr)
14. V.P. Krasnov, T.V. Kurbet, O.O. Orlov. ^{137}Cs accumulation in the organs of the common lily of the valley in the moist sub-dunes of the Polesie of Ukraine. *Lisivnytstvo i Ahrolisomelioratsiya* 118 (2011) 64. (Ukr)
15. M.M. Musienko. *Plant Physiology. Textbook*. 2-nd ed. (Kyiv: Lybid, 2005) 808 p. (Ukr)
16. V.P. Krasnov et al. *Applied Radioecology of the Forest* (Zhytomyr: Polissya, 2007) 680 p. (Rus)
17. V.P. Krasnov et al. ^{137}Cs distribution in sod-podzol forest soil of Ukrainian Polissia. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 16(3) (2015) 247. (Ukr)

Надійшла 16.04.2019

Received 16.04.2019