

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518-7554 print
ISSN 2518-1327 online

doi: 10.32718/nvlvet9709
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 619:615.849

Analysis of radiouclide contamination of forestry products on the territory of Ukraine 2013–2019

Z. V. Malimon¹, V. Z. Salata², G. S. Kochetova¹, T. O. Prokopenko¹, L. M. Gusak¹

¹State Scientific and Research Institute of Laboratory Diagnostics and Veterinary and Sanitary Expertise, Kyiv, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 27.01.2020
Received in revised form
27.02.2020
Accepted 28.02.2020

State Scientific and Research
Institute of Laboratory Diagnostics
and Veterinary and Sanitary
Expertise, Donetsk Str, 30,
Kyiv, 0315, Ukraine.
E-mail: z_malimon@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-067-728-89-33
E-mail: salatavolod@ukr.net

Malimon, Z. V., Salata, V. Z., Kochetova, G. S., Prokopenko, T. O., & Gusak, L. M. (2020). Analysis of radiouclide contamination of forestry products on the territory of Ukraine 2013–2019. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 22(97), 47–51. doi: 10.32718/nvlvet9709

The analysis of the results of radiological studies of food and feed conducted by the specialists of the state laboratories of the State Consumer Service for 2013–2019 is performed. The analyzed results show that in the territories assigned to the radiation contamination zones, samples with a radionuclide content exceeding the maximum admissible levels of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr are constantly detected. Even 33 years after the Chernobyl accident, the specific activity of ¹³⁷Cs in mushrooms and berries remains high. Specialists of the state laboratories of the State Consumer Service during this period carried out radiological examinations of food and feed for the contents of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr. Exceedance of the maximum permissible levels (DR) of ¹³⁷Cs was detected in 3.253 samples, of which 1.277 were fresh mushrooms and yagi and 729 were dried and dried mushrooms and berries. It is established that forest mushrooms and berries (fresh and dried) are the critical dose-forming foods, accounting for the largest proportion of about 62 % of the total positive samples. A much better situation was observed in detecting an excess of DR ⁹⁰Sr. During the study period, contamination of ⁹⁰Sr food and feed is of a single nature. The dynamics of detecting excesses of DR ¹³⁷Cs in forest mushrooms and berries (fresh and dried) for 2013–2019 have significant fluctuations related to environmental conditions and the multidirectional migration of man-made radionuclides in forest ecosystems. The use, even in small quantities, of forest origin products with a maximum specific activity of ¹³⁷Cs can play a significant role in the internal exposure of long-lived radionuclide to the local population. Therefore, the largest proportion of forest food products (62 %) is in the balance of radionuclide-contaminated products during the last seven years. (2013–2019) and other products and feeds are the basis for further radiological control by their state laboratories of the State Consumer Service.

Key words: contamination, ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr radionuclides, maximum permissible level, forest products, dosage products, migration, man-made radionuclides, positive samples, dynamics of contamination, specific activity.

Аналіз забруднення радіонуклідами харчових продуктів лісового походження на території України за 2013–2019 роки

З. В. Малімон¹, В. З. Салата², Г. С. Кочетова¹, Т. О. Прокопенко¹, Л. М. Гусак¹

¹Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ, Україна

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Здійснено аналіз результатів радіологічних досліджень харчових продуктів та кормів, проведених фахівцями державних лабораторій Держпродспоживслужби за 2013–2019 рр., узагальнено сучасні аналітичні дані результатів досліджень наслідків Чорнобильської катастрофи. Проаналізовані результати досліджень свідчать про те, що на територіях, віднесених до зон радіаційного забруднення, постійно виявляються зразки із вмістом радіонуклідів, що перевищують максимально допустимі рівні ^{137}Cs та ^{90}Sr . Встановлено, що навіть через 33 роки після аварії на ЧАЕС питома активність ^{137}Cs в грибах і лісових ягодах залишається високою. Виявлено, що за цей період критичними дозоутворюючими харчовими продуктами є лісові гриби та ягоди (свіжі та сушені), які займають найбільшу частку – близько 62 % випадків від загальної кількості всіх позитивних зразків. Значно ліпша ситуація спостерігалася щодо виявлення перевищення ДР ^{90}Sr . Протягом досліджуваного періоду забруднення ^{90}Sr харчових продуктів та кормів має поодинокий характер. Динаміка виявлення зразків продуктів харчування та кормів із перевищенням ДР ^{137}Cs вказує на те, що на територіях зон радіаційного забруднення постійно існує загроза внутрішнього опромінення місцевого населення довгоживучим радіонуклідом. Отже, найбільша частка харчових продуктів лісового походження (62 %) у балансі забруднених радіонуклідами продуктів впродовж останніх семи років (2013–2019 рр.) та інших продуктів і кормів є підставою для подальшого радіологічного контролю їх державними лабораторіями Держпродспоживслужби.

Ключові слова: забруднення, радіонукліди ^{137}Cs та ^{90}Sr , максимально допустимий рівень, харчові продукти лісового походження, дозоутворюючі продукти, міграція, техногенні радіонукліди, позитивні зразки, динаміка забруднення, питома активність.

Вступ

За 33 роки після аварії на Чорнобильській АЕС значно розширилися спостереження та знання щодо міграції техногенних радіоактивних елементів у лісових екосистемах, але проблема залишається актуальною і на теперішній час. Внаслідок аварії на ЧАЕС близько 3,5 млн га лісів потрапило під радіоактивне забруднення. Найбільш забрудненими лісами як за щільністю, так і за площею виявилися території в Житомирській (60 %), Київській (52,2 %), Рівненській (56,2 %) областях. У Волинській, Чернігівській, Черкаській, Вінницькій і Сумській областях частка лісів, які були радіоактивно забруднені, становила близько 20 % (Kravec' et al., 2001; Prister, 2007; Kotelevych, 2019; Skydan et al., 2019). Природні умови цих регіонів сприяють посиленій міграції радіонуклідів. Як наслідок – навіть через великий проміжок часу з моменту аварії фіксуються високі рівні забруднення радіонуклідами ^{137}Cs та ^{90}Sr харчових продуктів (Chobot'ko et al., 2011). Особливо це стосується харчових продуктів лісового походження та деяких продуктів, що виробляються у підсобних господарствах населення (Malynovs'kyj et al., 2006). Важливим фактором є розмаїття природних характеристик, метрологічних умов забруднених зон, що обумовлює складну динамічну ситуацію щодо радіаційних наслідків аварії АЧС за рахунок надходження в організм людини радіонуклідів трофічним шляхом (Uorner & Harrison, 1999). Сьогодні, на пізній фазі ядерної аварії, основним джерелом надходження в організм людини довгоживучих техногенних радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr), що формують дозу внутрішнього опромінювання, є переважно продукти харчування, особливо лісового походження, корми і питна вода (Likhtarev et al., 1996). Тому постійно проводиться радіоекологічний моніторинг забруднення харчових продуктів та кормів на територіях зон радіоактивного забруднення щодо відповідності максимально допустимим рівням згідно з чинними нормативно правовими актами.

Постановка завдання: проаналізувати звітність регіональних державних лабораторій Держпродспожив-

вслужби (ДПСС) України за 2013–2019 рр. щодо забрудненості радіонуклідами ^{137}Cs та ^{90}Sr харчових продуктів, кормів. Визначити критичні дозоутворюючі продукти, які мали найбільшу частку забруднення радіонуклідами. Характеризувати динаміку радіоактивного забруднення харчових продуктів із найбільшою часткою від загальної кількості позитивних зразків за вказаний період у зонах радіоактивного забруднення.

Матеріал і методи досліджень

У роботі були застосовані загальноприйняті статистично-аналітичні методи обробки результатів досліджень, звітність радіологічних відділів регіональних державних лабораторій Держпродспоживслужби України, радіометричні та γ - β -спектрометричні методи визначення вмісту радіонуклідів.

Результати та їх обговорення

Проведено аналіз результатів досліджень державних лабораторій Держпродспоживслужби України щодо забрудненості радіонуклідами ^{137}Cs та ^{90}Sr харчових продуктів та кормів в Україні за 2013–2019 рр. Встановлено, що фахівцями державних лабораторій ДПСС за вказаний період було виконано 11 969 402 радіологічних дослідження харчових продуктів та кормів на вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr . При цьому в 3 253 зразках виявлено перевищення максимально допустимих рівнів (ДР) ^{137}Cs , з них близько 62 % випадків складають лісові гриби та ягоди (свіжі та сушені). Також у 4 зразках продуктів лісу зафіксовано перевищення ДР ^{90}Sr (0,1 %). Отже, харчові продукти лісового походження становлять найбільшу частку перевищень ДР радіонуклідів від загальної кількості позитивних зразків, виявлених у зонах радіоактивного забруднення за вказаний період. Інформація щодо зафіксованих перевищень ДР радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в харчових продуктах та кормах у всіх областях України за період 2013–2019 рр. надана у табл. 1.

Таблиця 1

Кількість досліджень на вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr за всіма видами харчових продуктів та кормів, з них кількість зразків лісових грибів та ягід (свіжих та сушених) з перевищенням ДР $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ від загальної кількості позитивних зразків за 2013–2019 рр. в Україні

Рік	Кількість досліджень на вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr за всіма видами харчових продуктів та кормів	Загальна кількість зразків з перевищенням ДР $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	Кількість зразків лісових грибів та ягід (свіжих і сушених) з перевищенням ДР $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ від загальної кількості перевищень
2013	1840224	687/3	391/3
2014	1646438	479/1	220/1
2015	1624642	466/–	233/–
2016	1502449	378/–	243/–
2017	2013632	556/–	426/–
2018	1700299	371/–	284/–
2019	1641718	312/–	209/–
Всього	11969402	3249/4	2006/4

З даних таблиці 1 робимо висновок, що основна роль у дозоутворенні належить ^{137}Cs . Забруднення ^{90}Sr харчових продуктів та кормів має поодинокий характер. Дані таблиці свідчать, що в областях протягом 2013–2019 рр. спостерігається коливання кількості зразків з перевищенням радіоцезію. Отже, найбільшу кількість перевищень ДР ^{137}Cs зафіксовано у 2013 році – 687 зразків, з них майже 57 % випадків становлять лісові гриби та ягоди (свіжі та сушені). Найменша кількість позитивних зразків усіх видів продуктів, кормів за вмістом ^{137}Cs була зафіксована у 2019 році – 312 зразків, з них лісових грибів та ягід (свіжих і сушених) – 209 зразки, що складає 70 % випадків від загальної кількості позитивних зразків. Отже, з роками спостерігається чітка тенденція до зменшення кількості позитивних зразків усіх видів харчових продуктів, кормів за винятком 2017 року. У 2019 році кількість зразків з перевищенням ДР ^{137}Cs у 2 рази була меншою порівняно з 2013 роком. Проте частка лісових грибів та ягід (свіжих і сушених) у балансі забруднених радіонуклідами продуктів впродовж останніх семи років (2013–2019 рр.) залишається значною. У 2013 та 2014 роках спостерігаються поодинокі випадки перевищення ДР ^{90}Sr у лісових грибах та ягодах (свіжих та сушених), за 2019 рік перевищень не зафіксовано.

Детальніше проаналізуємо перевищення ДР ^{137}Cs у лісових грибах та ягодах (свіжих і сушених) у відсотковому співвідношенні за 2013–2019 рр. (рис. 1).

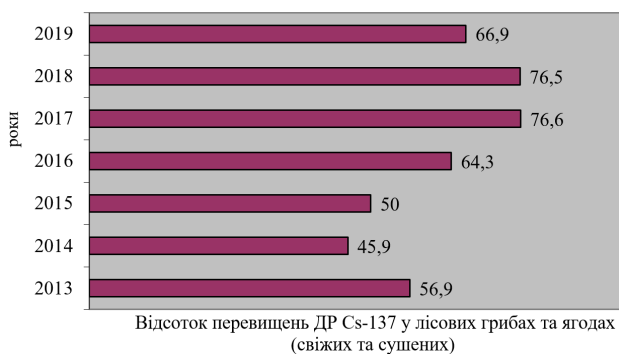


Рис. 1. Відсоток перевищень ДР ^{137}Cs у лісових грибах та ягодах (свіжих та сушених) за 2013–2019 рр.

На рис. 1 наведено дані, які свідчать, що відсоток перевищень ДР ^{137}Cs у лісових грибах та ягодах (свіжих і сушених) за 2013–2019 рр. має значні коливання. Найменший відсоток перевищень (45,9 %) спостерігається у 2014 році, при цьому загальна кількість позитивних зразків у 1,4 разу була меншою порівняно з 2013 роком. У 2017–2018 рр. зафіксовано найбільший відсоток перевищень (77,6 %, 77,5 %) відповідно, але кількість зразків з перевищенням ДР ^{137}Cs у 2017 році у 1,5 разу більша порівняно з кількістю позитивних зразків у 2018 році. Такі коливання перевищень ДР ^{137}Cs у лісових грибах та ягодах (свіжих та сушених) свідчать, що, можливо, у лісових екосистемах одночасно відбуваються різноспрямовані міграційні процеси техногенного ^{137}Cs – очищення одних (лісова підстилка, ягоди та ін.) і збільшення забруднення інших (шари ґрунту, деякі види грибів тощо), отже прогнозування вмісту ^{137}Cs та інших техногенних радіонуклідів у екосистемах, в тому числі грибах та ягодах – питання надскладне (Orlov et al., 2000). Крім того, певна багаторічна і видоспецифічна динаміка радіоактивного забруднення харчових продуктів лісу є важливим фактором, який впливає на коливання вмісту радіонуклідів в харчових продуктах лісового походження. Численні радіологічні дослідження лісових грибів та ягід (свіжих і сушених) свідчать, що лісові екосистеми характеризуються найтривалішими періодами ефективного напівочищення від техногенних радіонуклідів (Orlov et al., 2001). Проблема радіоактивного забруднення харчових продуктів лісового походження актуальна і на теперішній час, про це свідчать дані рисунка 1, за сім років вказаного періоду частка продуктів лісу залишається значною. В основному з використанням грибів і ягід пов'язані значні дози внутрішнього опромінення населення, яке проживає в районах Українського Полісся (Malimon et al., 2018; Gusak et al., 2018; Romanchenko et al., 2018; Prokopenko et al., 2019).

Аналізуючи результати радіологічних досліджень, наведених в табл. 2, виявлено 1277 зразків лісових грибів та ягід свіжих та 729 зразків лісових грибів та ягід сушених з перевищенням ДР ^{137}Cs .

Таблиця 2Кількість зразків лісових грибів та ягід (свіжих та сушених) з перевищенням ДР $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ по областях за 2013–2019 рр.

Назва області	Кількість зразків лісових грибів та ягід (свіжих і сушених) з перевищенням ДР $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ по областях	Максимально допустимий рівень $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ Бк/кг	Питома активність ^{137}Cs (min-max) Бк/кг	Питома активність ^{90}Sr (min-max) Бк/кг
Лісові гриби та ягоди свіжі				
Вінницька	2/–	500/50	589,0–3353,0	–
Волинська	70/–		976,6–2044,0	–
Житомирська	699/–		503,0–15520,0	–
Київська	200/3		513,0–2759,0	56,0–68,0
Львівська	5/–		580,5–821,5	–
Полтавська	1/–		1042,0	–
Рівненська	178/–		510,0–4382,0	–
Сумська	76/–		505,0–2965,8	–
Миколаївська	3/–		2522,0	–
Черкаська	12/1		619,0–841,0	58,0
Чернігівська	31/–		507,0–10031,0	–
Всього	1277/4			
Лісові гриби та ягоди сушені				
Вінницька	1/–	2500/250	3426,0	–
Волинська	244/–		2868,0–16280,0	–
Житомирська	270/–		2518,0–65320,0	–
Київська	68/–		3278,0–13800,0	–
Закарпатська	2/–		3203,0–31880,0	–
Львівська	1/–		9919,0	–
Рівненська	107/–		2610,0–24950,0	–
Сумська	23/–		2603,3–10356,6	–
Чернігівська	13/–		2666,0–28580,0	–
Всього	729/–			

У 4 зразках свіжих лісових грибів та ягід встановлено перевищення ДР ^{90}Sr . У Житомирській області зафіксовано максимальну питому активність ^{137}Cs у свіжих грибах та ягодах, що перевищує ДР у 31 раз, а в сушених – у 26 разів. У Чернігівській і Рівненській областях максимальна питома активність ^{137}Cs у свіжих грибах та ягодах перевищує ДР у 20 та 9 разів відповідно. У сушених грибах та ягодах найвища максимальна питома активність ^{137}Cs , що перевищує ДР у 13 разів, зафіксована в Закарпатській області, в Чернігівській – у 11 разів, у Рівненській – у 10 разів. При сушці грибів та ягід питома активність радіонукліда зростає в 7–10 разів пропорційно зменшенню їхньої маси. За вказаний період суттєвих тенденцій до зменшення радіоактивної забрудненості харчових продуктів лісового походження у згаданих областях не спостерігається. Екологічні умови суттєво впливають на інтенсивність накопичення ^{137}Cs у грибах та ягодах різних видів. Продукти лісового походження з максимальними показниками питомої активності можуть відігравати значну роль в опроміненні населення, навіть при вживанні їх в невеликих кількостях. Зменшення вмісту ^{137}Cs у продуктах харчування в перспективі відбуватиметься переважно за рахунок розпаду радіонукліду та його вертикальної міграції у ґрунті.

Висновки

Основним дозоутворюючим радіонуклідом, який має значний вплив у формуванні дози внутрішнього опромінення населення, є ^{137}Cs . Перевищення ДР ^{90}Sr мають поодинокий характер. З роками спостерігається чітка тенденція до зменшення кількості позитивних зразків усіх видів харчових продуктів, кормів.) У балансі забруднених радіонуклідами продуктів за 2013–2019 рр. частка лісових грибів та ягід (свіжих і сушених) залишається значною, близько 62 % випадків. Перевищення ДР ^{137}Cs у лісових грибах та ягодах (свіжих та сушених) за 2013–2019 рр. має значні коливання, пов'язані з екологічними умовами та різноспрямованою міграцією техногенних радіонуклідів у лісових екосистемах. Вживання навіть в незначних кількостях продуктів лісового походження з максимальною питомою активністю ^{137}Cs можуть відігравати значну роль в опроміненні населення.

Перспективи подальших досліджень. Перспективи полягають у здійсненні подальшого радіологічного контролю харчових продуктів та кормів на радіоактивно забруднених територіях і заходів протирадіаційного захисту в обсягах, встановлених чинним національним законодавством. Це сприятиме споживанню безпечної продукції.

References

- Chobot'ko, G.M., Rajchuk, L.A., Landin, V.P., & Piskovyj, Ju.M. (2011). Formuvannja dozy vnutrishn'ogo oprominennja naseleennja Ukrai'nskogo Polissja vnaslidok spozhyvannja harchovyh produktiv lisovogo pohodzhennja. *Agroekologichnyj zhurnal*, 1, 37–42 (in Ukrainian).
- Gusak, L. M., Malimon, Z. V., Prokopenko, T. O., Davydenko, L. M., Muzychenko, O. V., & Kirjejeva, O. G. (2018). Analiz zabrudnennja radionuklidom cezij-137 osnovnyh vydiv harchovyh produktiv Zhytomys'koi' oblasti za period 2013–2017 roky. Chornobyl's'ka katastrofa. Aktual'ni problemy, naprjamky ta shljahy i'h vyrishennja: mizhnarodna naukovo-praktychna konferencija (26–27 kvitnja 2018 roku). *Zhytomyr: ZHNAEU*, 255–264 (in Ukrainian).
- Kotelevych, V. (2019). Actual problems of food safety for the population living in the contaminated areas due to the Chernobyl disaster in the context of food security. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21(95), 156–160. doi: 10.32718/nvlvet9529.
- Kotelevych, V. (2019). Actual problems of quality and safety of food products in the context of providing food security in the Zhytomyr region. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 21(93), 155–159. doi: 10.32718/nvlvet9327.
- Kravec', O. P., Erodzyn'skyj, D. M., & Pavlenko, Ju. A. (2001). Radioekologichni ocinky radiacijnyh naslidkiv vykorystannja zabrudnenykh agrocenoziv. *Zbirnyk nauk. pr. In-tu jadernykh doslidzhen*, 3(5), 141–152 (in Ukrainian).
- Likhtarev, I. A., Kovgan, L. N., Vavilov, S. E., Gluvchinsky, R. R., Perevoznikov, O. N., Litvinets, L. N., Anspaugh L. R., Kercher, J. R., Bouville A. (1996). Internal exposure from food contaminated after the Chernobyl accident. *Health Physics*, 70(3), 297–317. doi: 10.1097/00004032-199603000-00001.
- Malimon, Z. V., Prokopenko, T. O., Gusak, L. M., & Molodyk, A. G. (2018). Zabrudnenist' ob'ektiv veterynarnogo nagljadu radionuklidamy 137Cs i 90Sr v Ukrai'ni za 2012–2017 roky. *Veterynarna medycyna*, 104, 263–267. http://jvm.kharkov.ua/sbornik/104/VetMed_104.pdf (in Ukrainian).
- Malynov'skyj, A. S., Diduh, M. I., & Romanchuk, L. D. (2006). Radioekologichna ocinka terytorii' zony bezumovnoho (obov'jazkovogo) vidseleennja Zhytomys'koi' oblasti (20 rokiv pislja avarii' na ChAES): Monografija. *Zhytomyr: Vydavnytstvo "Derzhavnyj agroekologichnyj universytet"*, 2006 (in Ukrainian).
- Orlov, O. O., Irklijenko, S. P., & Dolin, V. V. (2001). Balansovyj pidhid do radiogeohimichnyh doslidzhen' avtoreabilitacijnyh procesiv u lisovyh ekosystemah. *Problemy ekologii' lisu ta lisokorystuvannja na Polissi Ukrai'ny*, 2(8), 10–25 (in Ukrainian).
- Orlov, O. O., Irklijenko, S. P., Krasnov, V. P., & Korotkova, O. Z. (2000). Zakonomirnosti nakopychennja 137Cs dykoroslymy grybamy ta jagodamy v Polissi Ukrai'ny. *Gigiena naseleennyh mest*, 36(1), 431–445 (in Ukrainian).
- Prister, B. S. (2007). Vedennja sil'skogospodars'kogo vyrobnytva na terytorijah, zabrudnenykh vnaslidok Chornobyl's'koi' katastrofy, u viddalenyj period: metodychni rekomenacii. K: Atika-N (in Ukrainian).
- Prokopenko, T. A., Malimon, Z. V., Gusak, L. N., & Molodyk, A. G. (2019). Ocinka rezul'tativ doslidzhennja radiacijnoi' zabrudnenosti harchovyh produktiv ta kormiv za 2013–2017 roky. *Veterynarna biotehnologija*, 34, 124–135. doi: 10.31073/vet_biotech34-15 (in Ukrainian).
- Romanchenko, K. M., Malimon, Z. V., Prokopenko, T. O., Gusak, L. M., Kirjejeva, O. G., & Molodyk, A. G. (2018). Analiz zabrudnenosti harchovyh produktiv radionuklidamy na terytorii' Ukrai'ny za period 2013–2017 rokiv. Chornobyl's'ka katastrofa. Aktual'ni problemy, naprjamky ta shljahy i'h vyrishennja : mizhnarodna naukovo-praktychna konferencija (26–27 kvitnja 2018 roku). *Zhytomyr: ZHNAEU*, 251–255 (in Ukrainian).
- Skydan, O. V., Romanchuk, L. D., & Dovzhenko, V. A. (2019). Otsinka rivnia kharchuvannja silskoho naseleennja radioaktyvno zabrudnenykh terytorii u konteksti harantuvannja prodovolchoi bezpeky. *Naukovi horyzonty*, 76(3), 3–9. <http://journal.znau.edu.ua/horizons/article/view/176> (in Ukrainian).
- Uorner, F., & Harrison, R. (1999). Puti migracii iskusstvennyh radionuklidov v okruzhajushhej srede. *Radiojekologija posle Chernobylja: Per. s angl. M.: Mir* (in Russian).