

УДК 613.1: 614.876:504.064.3(477)

В.В. Василенко✉, М. С. Курята, В. В. Морозов, Л. О. Литвинець, М. С. Крамаренко,
Л. П. Міщенко, Н. І. Іскра, А. Б. Білоник, З. С. Мань, С. І. Боровков

Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, м. Київ, 04050, Україна

СТАН ТА РЕЗУЛЬТАТИ РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ НА ПОТОЧНОМУ ЕТАПІ АВАРІЇ НА ЧАЕС

Мета: аналіз результатів радіаційно-гігієнічного моніторингу населених пунктів (НП) радіоактивно забруднених територій (РЗТ) України на поточному етапі аварії на ЧАЕС та динаміки основних чинників формування дози опромінення населення на основі власних експериментальних досліджень в реперних НП у 2012–2024 роках.

Матеріали і методи. Для дослідження було обрано 23 НП РЗТ України – 8 НП Іванківської та Поліської об'єднаних територіальних громад (ОТГ) Київської області, 4 НП Старосільської ОТГ Сарненського району Рівненської області та 11 НП Народицької селищної територіальної громади (СТГ) Житомирської області, в яких у післяаварійні роки реєструвалися найвищі рівні опромінення населення та раз на 3 роки був проведений комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг, який включав: виїзний ЛВЛ-моніторинг для визначення дози внутрішнього опромінення; збір проб основних продуктів харчування та їх аналіз на вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr ; вимірювання потужності експозиційної дози зовнішнього опромінення для дослідження компоненти зовнішнього опромінення; опитування мешканців щодо обсягів споживання продуктів харчування як місцевих із власного домогосподарства, так і придбаних у торговій мережі. В роботі використано дозиметричні, радіохімічні, математичні методи дослідження.

Результати. Зареєстровано загальне подальше зниження рівнів внутрішнього опромінення в усіх обстежених НП Київської, Житомирської, Рівненської областей на тлі нестабільної сезонної динаміки впродовж року. Річні ефективні дози опромінення населення у реперних НП на поточному етапі аварії на ЧАЕС формуються за рахунок доз внутрішнього опромінення, які не перевищують $0,50 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2022 р. у Київській, $0,67 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2023 р. у Рівненській, $1,04 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2024 р. у Житомирській областях при критерію РЗТ $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Основним чинником, що формує дозу внутрішнього опромінення, є інкорпорований ^{137}Cs , що надходить в організм з такими основними продуктами харчування, як молоко, та лісові продукти, насамперед, гриби, які в Поліському регіоні традиційно складають суттєву частину харчового раціону.

Висновки. Існуюча радіаційно-екологічна ситуація в місцевостях, які піддалися радіоактивному забрудненню внаслідок Чорнобильської катастрофи, потребує продовження моніторингу за рівнями радіоактивного забруднення продуктів харчування, особливо зібраних в лісах, і доз опромінення населення.

Ключові слова: радіоактивно забруднені території, комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг, доза внутрішнього опромінення, лічильник випромінювання людини (ЛВЛ), продукти харчування; ^{137}Cs ; ^{90}Sr .

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 143–159. doi: 10.33145/2304-8336-2025-30-143-159

V. V. Vasylenko✉, M.S. Kuriata, V.V. Morozov, L.O. Lytvynets, M.S. Kramarenko,
L.P. Mishchenko, N.I. Iskra, A.B. Bilonik, Z.S. Man, S.I. Borovkov

State Institution «National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yuriia Illienka Str., Kyiv, 04050, Ukraine

STATUS AND RESULTS OF RADIATION-HYGIENIC MONITORING OF SETTLEMENTS IN RADIOACTIVELY CONTAMINATED AREAS OF UKRAINE AT THE CURRENT STAGE OF THE CHORNOBYL ACCIDENT

Objective: the aim of the study was to analyze the results of radiation-hygienic monitoring of settlements located in radioactively contaminated territories (RCT) of Ukraine at the current stage of the Chernobyl accident, as well as the dynamics of the main factors contributing to population exposure doses, based on our own experimental research conducted in reference settlements during 2012–2024.

Materials and Methods. The study covered 23 settlements in RCT of Ukraine: 8 settlements of the Ivankiv and Poliske amalgamated territorial communities (ATC) of Kyiv region, 4 settlements of the Starosilska ATC of Sarny district, Rivne region, and 11 settlements of the Narodychi settlement territorial community (STC) of Zhytomyr region. In the post-accident years, these settlements recorded the highest exposure levels, and once every 3 years a comprehensive radiation-hygienic monitoring was performed, which included: field WBC-laboratory surveys to assess internal exposure doses; collection of food samples with subsequent analysis for radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; measurement of the exposure dose rate (EDR) to study external exposure; and surveys of residents on food consumption volumes, both from their own households and purchased in trade networks. Dosimetric, radiochemical, and mathematical methods were applied in the study.

Results. A general further decrease in the levels of internal exposure was recorded in all surveyed settlements of Kyiv, Zhytomyr, and Rivne regions, against the background of unstable seasonal dynamics during the year. Annual effective doses of population exposure in reference settlements at the current stage of the Chernobyl accident are mainly formed by internal exposure doses, which did not exceed $0.50 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$ in 2022 in Kyiv region, $0.67 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$ in 2023 in Rivne region, and $1.04 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$ in 2024 in Zhytomyr region, with the RCT criterion set at $1 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$. The main factor determining internal exposure dose is incorporated ^{137}Cs , entering the human body primarily through food products such as milk and forest products, especially mushrooms, which traditionally constitute a significant part of the diet in the Polissia region.

Conclusions. The existing radiation-ecological situation in areas exposed to radioactive contamination as a result of the Chernobyl catastrophe requires continued monitoring of the levels of radioactive contamination in food products, especially those collected in forests, as well as monitoring of population exposure doses.

Key words: radioactively contaminated territories, comprehensive radiation-hygienic monitoring, internal exposure dose, whole body counter (WBC), food products, ^{137}Cs , ^{90}Sr .

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025;30:143-159. doi: 10.33145/2304-8336-2025-30-143-159

ВСТУП

Внаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) радіонуклідами було забруднено території 12 областей України. Дозиметричному контролю відповідно до закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» та постанови Кабінету Міністрів (КМ) УРСР № 106 від 23.07.1991 р. дозиметричному контролю підлягали 2021 насе-

INTRODUCTION

As a result of the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) accident, territories in 12 regions (oblasts) of Ukraine were contaminated with radionuclides. According to the Law of Ukraine «On the Legal Regime of Territories Radioactively Contaminated as a Result of the Chernobyl Catastrophe» and the Resolution of the Council of Ministers of the Ukrainian SSR No. 106 of July 23, 1991, dosimetric control was to be carried out in 2021 settlements [1, 2].

✉ Valentyna V. Vasylenko, e-mail: vvv2201@ukr.net

ний пункт (НП) [1, 2]. Найбільш забрудненими радіонуклідами виявились території Київської, Рівненської та Житомирської областей. Радіологічному контролю підлягали 469 НП у 21 районі Київської, 700 НП у 9 районах Житомирської, 339 НП у 6 районах Рівненської областей. У 2012 році 4-та зона посиленого радіоекологічного контролю скасована (редакція закону № 5459-VI від 16.10.2012 р.) На сьогодні 842 НП України залишаються віднесеними до 3-ї зони гарантованого добровільного відселення відповідно до нової редакції Закону та підлягають радіаційно-гігієнічному моніторингу. Більшість з них (607) – НП Київської, Житомирської та Рівненської областей. Однак дозиметричний моніторинг населення радіоактивно забруднених територій (РЗТ), що проводився у рамках Державної програми «Загальнодозиметрична паспортизація населених пунктів України» [3–5], у 2009 – 2010 рр., було призупинено. ННЦРМГО започаткував вибіркового дозиметричний моніторинг в окремих НП з найвищими рівнями опромінення (контрольних НП) цих трьох областей [6]. Результати роботи показали підвищення рівнів внутрішнього опромінення мешканців обраних для дослідження НП відносно результатів моніторингу 2008 року, яскраво виражену сезонність, значне забруднення продуктів місцевих господарств та дикої природи. Особливо це стосувалося лісових грибів. Вміст радіоцезію в них у десятки, а в окремих випадках у сотні разів, перевищував допустимі рівні ГН 6.6.1.1-130-2006. Результати роботи були викладені у доповідних записках до Міністерства надзвичайних ситуацій (МНС) та представлені на міжнародній конференції «25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього» [7]. У 2011–2012 рр. востаннє було проведено дозиметричний моніторинг населення РЗТ у рамках Державної програми «Загальнодозиметрична паспортизація населених пунктів України» [8, 9]. За її результатами було підготовлено дозиметричні паспорти НП, відповідно до яких до 3-ї зони потрапило 26 НП, ще 80 НП мали «паспортні» дози в інтервалі $0,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – $1,0 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Однак, результати не були затверджені. Таким чином, склалася ситуація невизначеності щодо радіаційно-гігієнічного моніторингу на РЗТ.

З 2013 року дозиметричний контроль населення РЗТ в Україні практично не проводиться. Єдина установа, яка проводить роботи з комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу РЗТ залишається ННЦРМГО [10–12].

The most heavily contaminated areas were identified in Kyiv, Rivne, and Zhytomyr regions. Radiological monitoring covered 469 settlements in 21 districts of Kyiv region, 700 settlements in 9 districts of Zhytomyr region, and 339 settlements in 6 districts of Rivne region. In 2012, Zone IV (the zone of enhanced radioecological control) was abolished (Law of Ukraine No. 5459-VI of October 16, 2012). At present, 842 settlements in Ukraine remain assigned to Zone III (the guaranteed voluntary resettlement zone) according to the updated version of the Law and are subject to radiation-hygienic monitoring. Most of them (607) are located in Kyiv, Zhytomyr, and Rivne regions. However, dosimetric monitoring of the population of radioactively contaminated territories (RCT), carried out within the framework of the State Program «General Dosimetric Certification of Settlements of Ukraine» [3–5], was suspended in 2009–2010. The National Research Center for Radiation Medicine of Hematology and Oncology (NRCRMHO) initiated selective dosimetric monitoring in certain settlements with the highest exposure levels (control settlements) in these three regions [6]. The results showed increased levels of internal exposure residents of the selected settlements compared to 2008 monitoring data, pronounced seasonality, and significant contamination of food products from local households and wildlife. This was particularly evident in forest mushrooms, where radiocesium content exceeded permissible levels set by GN 6.6.1.1-130-2006 by tens, and in some cases, hundreds of times. The results were presented in memoranda to the Ministry of Emergencies and at the international conference «25 Years of the Chornobyl Catastrophe: Safety for the Future» [7]. In 2011–2012, dosimetric monitoring of the population of RCT was conducted for the last time under the State Program «General Dosimetric Certification of Settlements of Ukraine» [8, 9]. Based on its results, dosimetric passports for settlements were prepared, according to which 26 settlements were classified as belonging to Zone III, while 80 settlements had «passport» doses in the range of $0.5\text{--}1.0 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$. However, the results were not officially approved. Consequently, a situation of uncertainty arose regarding radiation-hygienic monitoring in RCT.

Since 2013, dosimetric monitoring of the population in RCT in Ukraine has practically not been conducted. The only institution that continues comprehensive radiation-hygienic monitoring of RCT is NRCRMHO [10–12].

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є аналіз результатів радіаційно-гігієнічного моніторингу НП РЗТ України на поточному етапі аварії на ЧАЕС та динаміки основних чинників формування дози опромінення населення на основі власних експериментальних досліджень в реперних НП у 2012–2024 роках.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для дослідження було обрано 23 НП РЗТ України – 8 НП Іванківської (сс. Горностайпіль, Дитятки, Піски, Карпилівка) та Поліської (сс. Рагівка, Луговики, Мар'янівка, Зелена Поляна) об'єднаних територіальних громад (ОТГ) Київської області, 4 НП Старосільської ОТГ (сс. Старе Село, Вежиця, Переходиці, Дроздинь) Сарненського району Рівненської області та 11 НП Народицької селищної територіальної громади (СТГ) Житомирської області (смт Народиці, сс. Селець, Базар, Рудня Базарська, Христинівка – 2-га зона, сс. Мотійки, Залісся, Давидки, Радча, Нова Радча, Грезля – 3-тя зона), в яких у післяаварійні роки реєструвалися найвищі рівні опромінення населення, надалі, реперні НП. Раз на 3 роки в цих НП був проведений комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг, який включав:

- виїзний ЛВЛ-моніторинг для визначення дози внутрішнього опромінення;
- збір проб основних продуктів харчування та їх аналіз на вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr ;
- вимірювання потужності експозиційної дози зовнішнього опромінення (ПЕД) для дослідження компоненти зовнішнього опромінення у цих НП;
- опитування мешканців щодо обсягів споживання продуктів харчування як місцевих із власного домогосподарства, так і придбаних у торговій мережі.

Вимірювання вмісту інкорпорованого ^{137}Cs проведено за допомогою лічильника випромінювання людини (ЛВЛ) «Скриннер-3М» (ІНЕКО, Київ) № 153 пересувного типу за місцем проживання обстежуваних осіб (рис. 1). Калібрування приладу, вимірювання та розрахунок результату виконано за стандартизованою методикою, розробленою в ННЦРМГО [13–15].

Проби основних продуктів харчування були зібрані в домашніх господарствах реперних НП, безпосередньо за місцем проживання та доставлені для дослідження в лабораторію радіаційної гігієни та моніторингу (РГМ) ННЦРМГО (рис. 2).

Вимірювання вмісту ^{137}Cs у пробах продуктів проводили на гамма-спектрометрі SILENA. Для виз-

OBJECTIVE

The aim of the study was to analyze the results of radiation-hygienic monitoring of settlements in RCT of Ukraine at the current stage of the Chernobyl accident, as well as the dynamics of the main factors contributing to population exposure doses, based on our own experimental research conducted in reference settlements during 2012–2024.

MATERIALS AND METHODS

The study included 23 settlements in RCT of Ukraine: 8 settlements of the Ivankiv (Hornostaypil, Dityatky, Pisky, Karpylivka) and Poliske (Ragivka, Luhovyky, Maryanivka, Zelena Polyana) amalgamated territorial communities (ATC) of Kyiv region; 4 settlements of the Starosilska ATC (Stare Selo, Vezhytsia, Perekhodychi, Drozdyn) of Sarny district, Rivne region; and 11 settlements of the Narodychi STC, Zhytomyr region (Narodychi, Selets, Bazar, Rudnya-Bazarska, Khrystynivka – Zone II; Motiyky, Zalissyia, Davydky, Radcha, Nova Radcha, Grezlya – Zone III). In the post-accident years, these settlements recorded the highest population exposure levels and were further designated as reference settlements. Every three years, comprehensive radiation-hygienic monitoring was performed in these settlements, which included:

- field WBC surveys to assess internal exposure doses;
- collection of staple food samples and their analysis for radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ;
- measurements of the exposure dose rate (EDR) to evaluate the external exposure component in these settlements;
- surveys of residents regarding consumption levels of food products, both locally produced in household farms and purchased from trade networks.

Measurements of incorporated ^{137}Cs were carried out using a «Skinner-3M» WBC (INECO, Kyiv) No. 153, mobile type, at the place of residence of the examined individuals (Fig. 1). Instrument calibration, measurements, and data processing were performed according to standardized methodology developed at NRCRMHO [13–15].

Food samples were collected from household farms of reference settlements, directly at the place of residence, and delivered to the Laboratory of Radiation Hygiene and Monitoring (RHM) of NRCRMHO for analysis (Fig. 2).

Measurements of ^{137}Cs in food samples were performed on a SILENA gamma spectrometer.

начення вмісту ^{137}Cs у пробах молока та картоплі використовували посудину Марінеллі ємністю 1 літр. Для визначення вмісту ^{137}Cs у пробах грибів використовували 100 г продукту та проводили вимірювання в геометрії Дента. Вимірювання вмісту радіонукліду ^{90}Sr у продуктах харчування проводили на бета-спектрометрі СЕБ-01 [16]. Підготовку проб для вимірювань вмісту ^{90}Sr проводили відповідно до методичних рекомендацій [17].

Опитування мешканців реперних НП щодо рівнів споживання основних продуктів харчового раціону проводили за опитувальними листами, складеними нами у попередні роки [18] (рис. 3).

Вимірювання ПЕД проводили методом пішохідної γ -зйомки керуючись вимогами інструктивно-методичних документів [19, 20] (рис. 4). В дослідженнях використовували дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА».

Marinelli beakers of 1 L capacity were used for ^{137}Cs determination in milk and potato samples. For mushroom samples, 100 g portions were analyzed in Denta geometry. Measurements of ^{90}Sr in food products were conducted using a SEB-01 beta spectrometer [16]. Sample preparation for ^{90}Sr analysis was carried out in accordance with methodological guidelines [17].

Resident surveys in reference settlements regarding consumption levels of major food products were conducted using questionnaires developed in our previous studies [18] (Fig. 3).

Measurements of EDR were performed using pedestrian gamma-survey methods in compliance with regulatory and methodological documents [19, 20] (Fig. 4). The MKS-05 «TERRA» dosimeter-radiometer was used for these investigations.



Рисунок 1. ЛВЛ-вимірювання у с. Базар Народицької СТГ Житомирської області у 2021 році

Figure 1. WBC measurements in the village of Bazar, Narodychi STC, Zhytomyr region, in 2021



Рисунок 2. Збір продуктів харчування у с. Переходичі Старосільській ОТГ Рівненської області у 2023 році

Figure 2. Food collection in the village of Perekhodychi, Starosilska ATC, Rivne region, in 2023



Рисунок 3. Опитування мешканців Народицької СТГ Житомирської області у 2018 році

Figure 3. Survey of residents of the Narodychi STC, Zhytomyr region in 2018



Рисунок 4. Вимірювання ПЕД у с. Карпилівка Іванківської ОТГ та с. Луговики Поліської ОТГ

Figure 4. Measurement of EDR in the village Karpylivka, Ivankiv ATC, and the village Luhovyky, Poliske ATC

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В результаті проведеного у 2022–2024 роках ЛВЛ-моніторингу встановлено такі особливості формування доз внутрішнього опромінення:

- середні дози внутрішнього опромінення у дорослих вищі, ніж у дітей – в 1,2 раза у Іванківській ОТГ ($0,017 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – дорослі, $0,014 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – діти), в 1,6 раза у Поліській ОТГ ($0,021 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – дорослі, $0,013 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – діти), в 1,9 раза у Рівненській області ($0,13 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – дорослі, $0,066 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – діти) і у 1,5 раза у Житомирській області ($0,043 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – дорослі, $0,028 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – діти), що очевидно пов'язано з більш вимогливим ставленням до дитячого раціону;
- середні дози внутрішнього опромінення у чоловіків вищі, ніж у жінок – в 1,3 раза у Іванківській ОТГ ($0,021 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – чоловіки, $0,016 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – жінки), в 1,5 раза у Поліській ОТГ ($0,026 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – чоловіки, $0,017 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – жінки), в 1,5 раза у Рівненській області ($0,15 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – чоловіки, $0,10 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – жінки) і у 1,8 раза у Житомирській області ($0,056 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – чоловіки, $0,032 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – жінки), що пов'язано з більшою питомою масою м'язової тканини у чоловіків та раціоном харчування з більшою часткою продуктів дикої природи, ніж у жінок;
- найбільші дози внутрішнього опромінення зареєстровано у групі непрацюючого населення, працівників лісового господарства та пенсіонерів. А найнижчі – у робітників та службовців, очевидно через більшу купівельну спроможність і, відповідно, можливість забезпечити раціон харчування «чистими» продуктами з торгової мережі.

Дослідження динаміки доз внутрішнього опромінення показали зниження середніх річних доз внутрішнього опромінення в обстежених НП: Поліської ОТГ – у 1,7 раза ($0,030 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2019 р. і $0,018 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2022 р.), Іванківської ОТГ – у 1,1 раза ($0,018 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2019 р. і $0,016 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2022 р.), Рівненської області – у 1,5 раза ($0,16 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2020 р. та $0,10 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2023 р.), Житомирської області – у 1,8 раза ($0,084 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2021 р. і $0,047 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2024 р.). Слід відзначити більш стрімке зниження рівнів внутрішнього опромінення на даному етапі досліджень в усіх регіонах, порівняно з попереднім періодом від 2018 року до 2021 року, коли таке зниження варіювало у межах 1,03–1,4 раза (рис. 5–7).

На жаль, починаючи з 2019 року через фінансову неможливість організації другої експедиції (весняної або осінньої) ми не мали змоги оцінити сезонний чинник формування дози внутрішнього опромінен-

RESULTS AND DISCUSSION

Based on WBC monitoring conducted in 2022–2024, the following features of internal exposure dose formation were established:

- Average internal exposure doses in adults were higher than in children: by a factor of 1.2 in Ivankiv ATC ($0.017 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in adults, $0.014 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in children), 1.6 in Poliske ATC ($0.021 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in adults vs. $0.013 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in children), 1.9 in Rivne region ($0.13 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in adults, $0.066 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in children), and 1.5 in Zhytomyr region ($0.043 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in adults, $0.028 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in children). This is most likely associated with stricter dietary restrictions for children.
- Average internal exposure doses in men exceeded those in women: by a factor of 1.3 in Ivankiv ATC ($0.021 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in men, $0.016 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in women), 1.5 in Poliske ATC ($0.026 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in men, $0.017 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in women), 1.5 in Rivne region ($0.15 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in men, $0.10 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in women), and 1.8 in Zhytomyr region ($0.056 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in men, $0.032 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in women). This difference is attributed to the larger proportion of muscle tissue in men and to dietary patterns with a higher share of wild forest products compared to women.
- The highest internal exposure doses were registered among the unemployed population, forestry workers, and pensioners, while the lowest were recorded among industrial workers and office employees, apparently due to their greater purchasing power and the ability to obtain «clean» food products from trade networks.

The analysis of dose dynamics demonstrated a decline in average annual internal exposure doses in the surveyed settlements: in Poliske ATC – by a factor of 1.7 ($0.030 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in 2019 vs. $0.018 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in 2022); in Ivankiv ATC – by a factor of 1.1 ($0.018 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in 2019 vs. $0.016 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in 2022); in Rivne region – by a factor of 1.5 ($0.16 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in 2020 vs. $0.10 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in 2023); and in Zhytomyr region – by a factor of 1.8 ($0.084 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in 2021 vs. $0.047 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in 2024). It should be noted that the rate of decline in internal exposure levels at this stage of the study was more pronounced in all regions compared to the previous period (2018–2021), when the decrease varied only within 1.03–1.4 times (Figs. 5–7).

Unfortunately, since 2019, due to financial constraints that prevented organizing a second expedition (spring or autumn), it was not possible to assess the seasonal factor in the formation of inter-

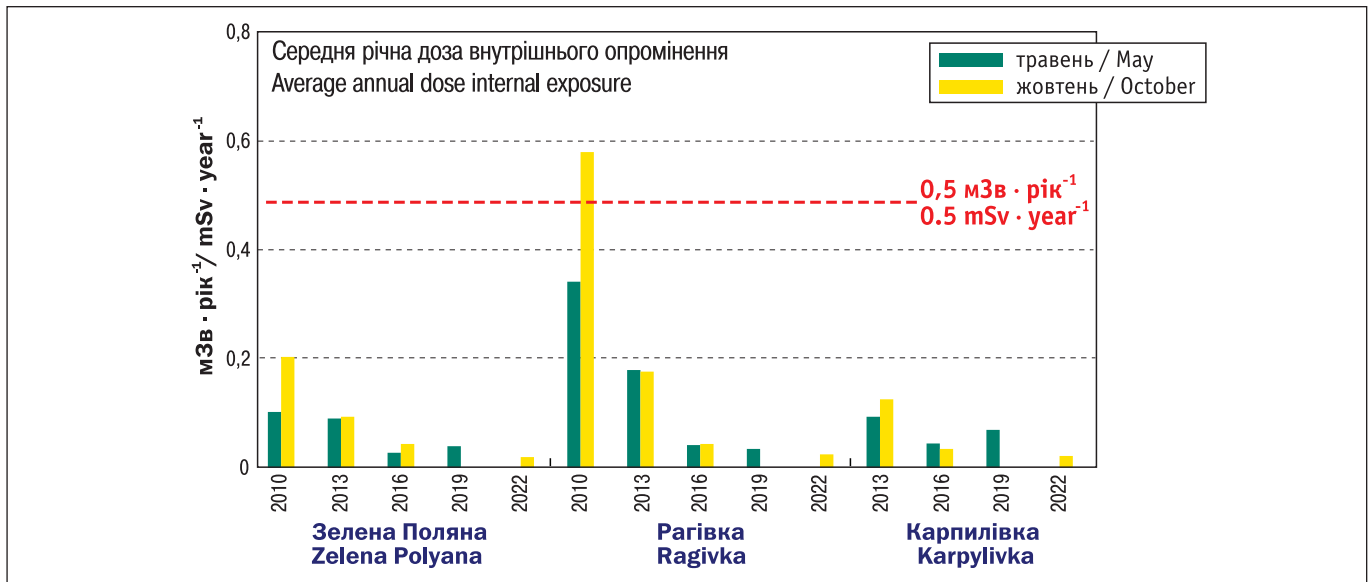


Рисунок 5. Динаміка середніх рівнів внутрішнього опромінення мешканців реперних населених пунктів Київської області впродовж 2010–2022 рр.

Figure 5. Average levels dynamics internal exposure residents of the selected settlements in the Kyiv region during 2010–2022

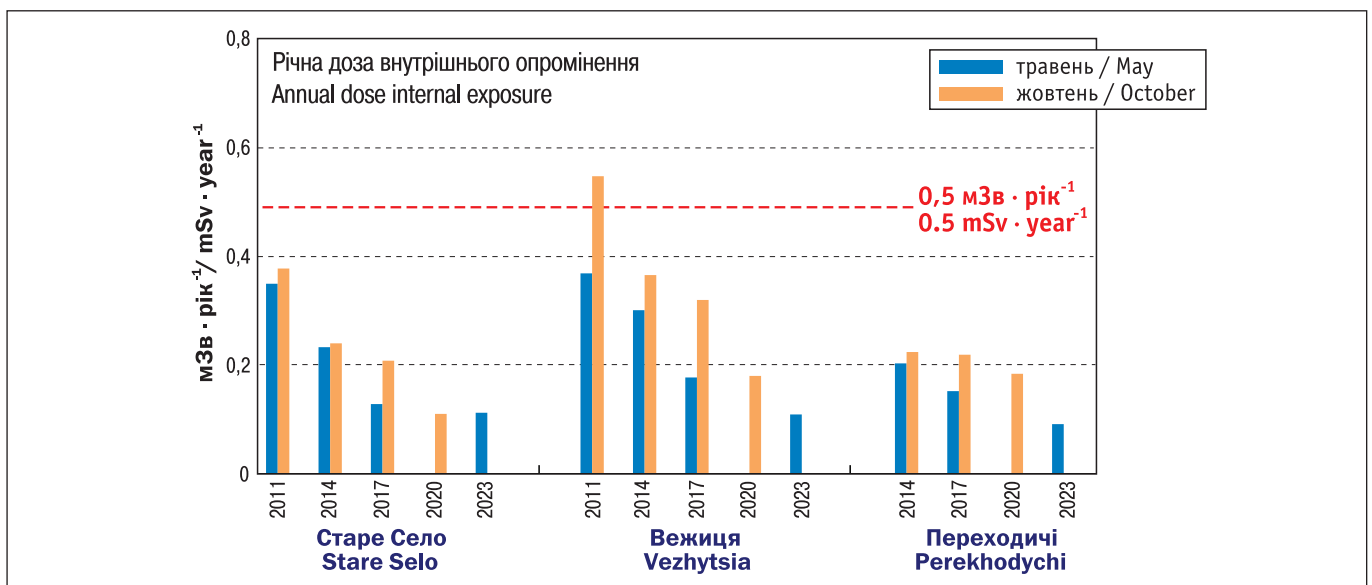


Рисунок 6. Динаміка середніх рівнів внутрішнього опромінення мешканців реперних населених пунктів Рівненської області впродовж 2011–2023 рр.

Figure 6. Average levels dynamics internal exposure residents of the selected settlements in the Rivne region during 2011–2023

ня, який є надзвичайно важливим при розрахунку дози. У минулі роки, багаті на врожай продуктів дикої природи, особливо лісових грибів, середній вміст інкорпорованого радіоцезію в обстежених НП від травня по жовтень підвищувався до 2 разів.

Встановлено, що вміст ^{137}Cs у пробах картоплі, зібраних у реперних НП усіх областей, та молоці у НП Київської та Житомирської областей нижчий від допустимих рівнів Гігієнічного нормати-

nal exposure dose, which is extremely important for dose estimation. In previous years, rich in wild foods, especially forest mushrooms, the average level of incorporated radiocesium in the surveyed settlements increased to twofold during the period from May to October.

It was found that the content of ^{137}Cs in potato samples collected in reference settlements of all regions, as well as in milk samples from settlements of Kyiv and Zhytomyr regions, was below the permissible levels (PL) of the

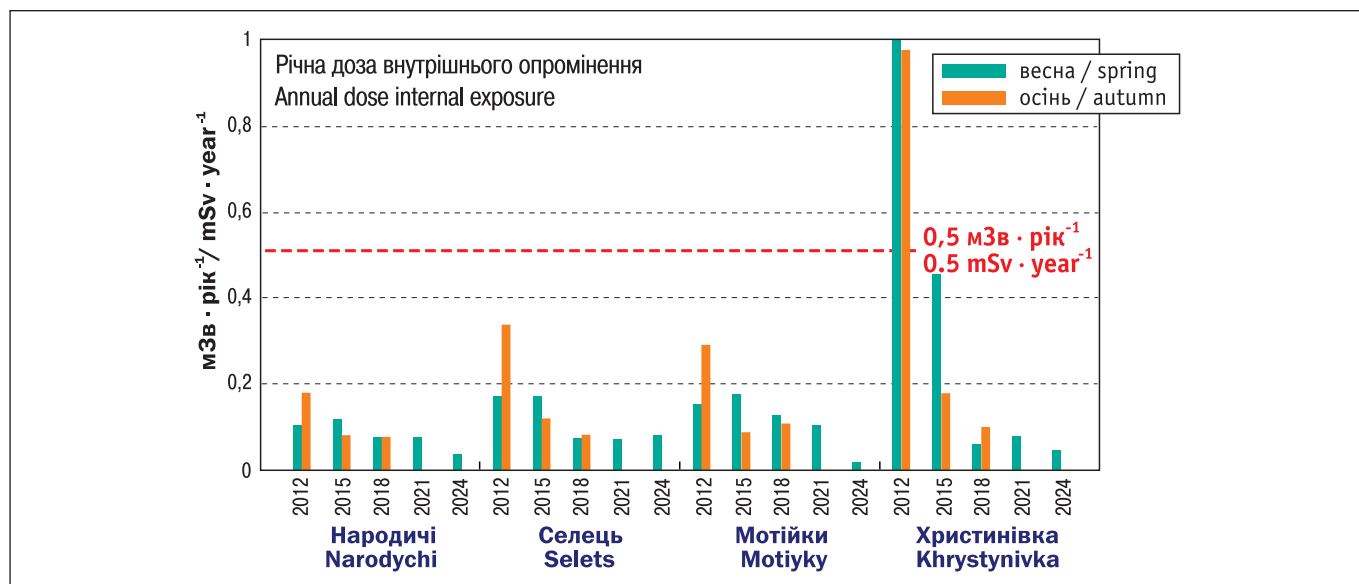


Рисунок 7. Динаміка середніх рівнів внутрішнього опромінення мешканців реперних населених пунктів Житомирської області впродовж 2012–2024 рр.

Figure 7. Average levels dynamics internal exposure residents of the selected settlements in the Zhytomyr region during 2012–2024

ву ГН 6.6.1.1-130-2006 (ДР) [21] і вживання цих продуктів харчування не може суттєво впливати на формування дози внутрішнього опромінення [22, 23], на відміну від молока Рівненської області, вміст ^{137}Cs в якому впродовж усіх останніх років (близько у 75 % проб) перевищує ДР 100 Бк · л⁻¹ (рис. 8–10). Максимально зареєстроване значення вмісту ^{137}Cs у 2020 році становить 363 Бк · л⁻¹, у 2023 році становить 387 Бк · л⁻¹.

Hygienic Norm GN 6.6.1.1-130-2006 (PL) [21]. Therefore, consumption of these food products cannot significantly affect the formation of internal exposure doses [22, 23], unlike milk from Rivne region, where the ^{137}Cs content in approximately 75% of samples has exceeded the PL of 100 Bq · L⁻¹ over the past years (Fig. 8–10). The maximum registered concentrations reached 363 Bq · L⁻¹ in 2020

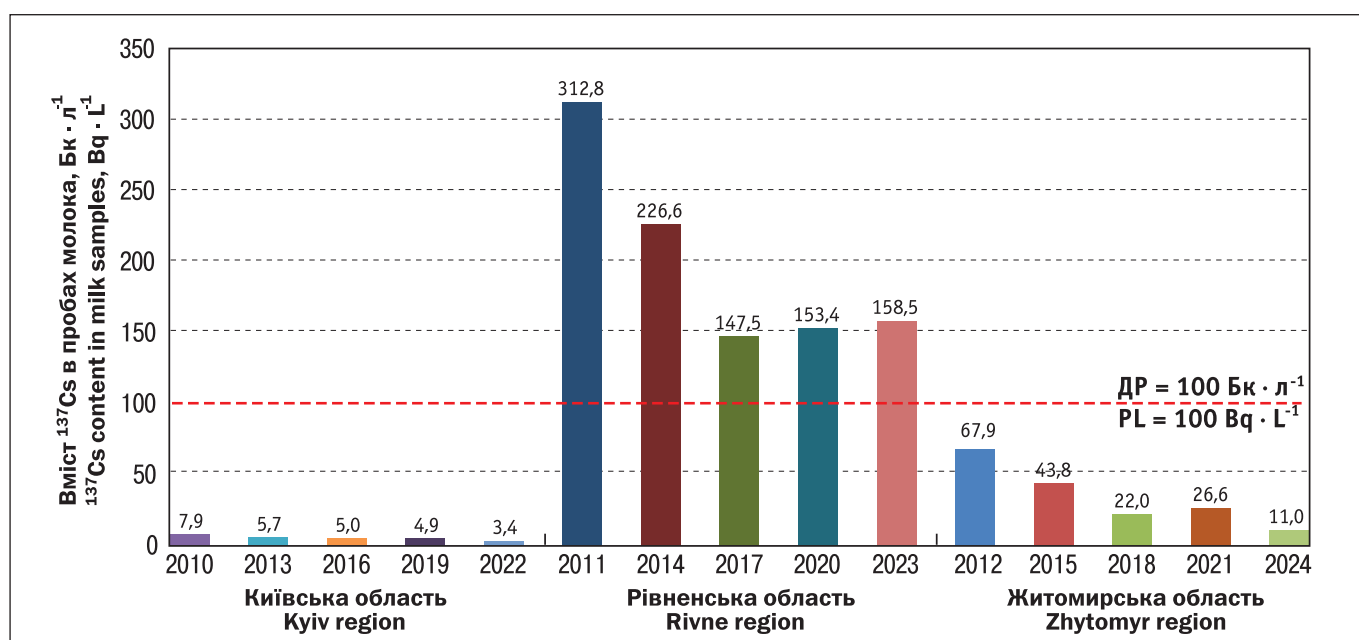


Рисунок 8. Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах молока, зібраних у домогосподарствах Київської, Рівненської та Житомирської областей (2010–2024 рр.)

Figure 8. Dynamics of ^{137}Cs content in milk samples collected from households in Kyiv, Rivne, and Zhytomyr regions (2010–2024)

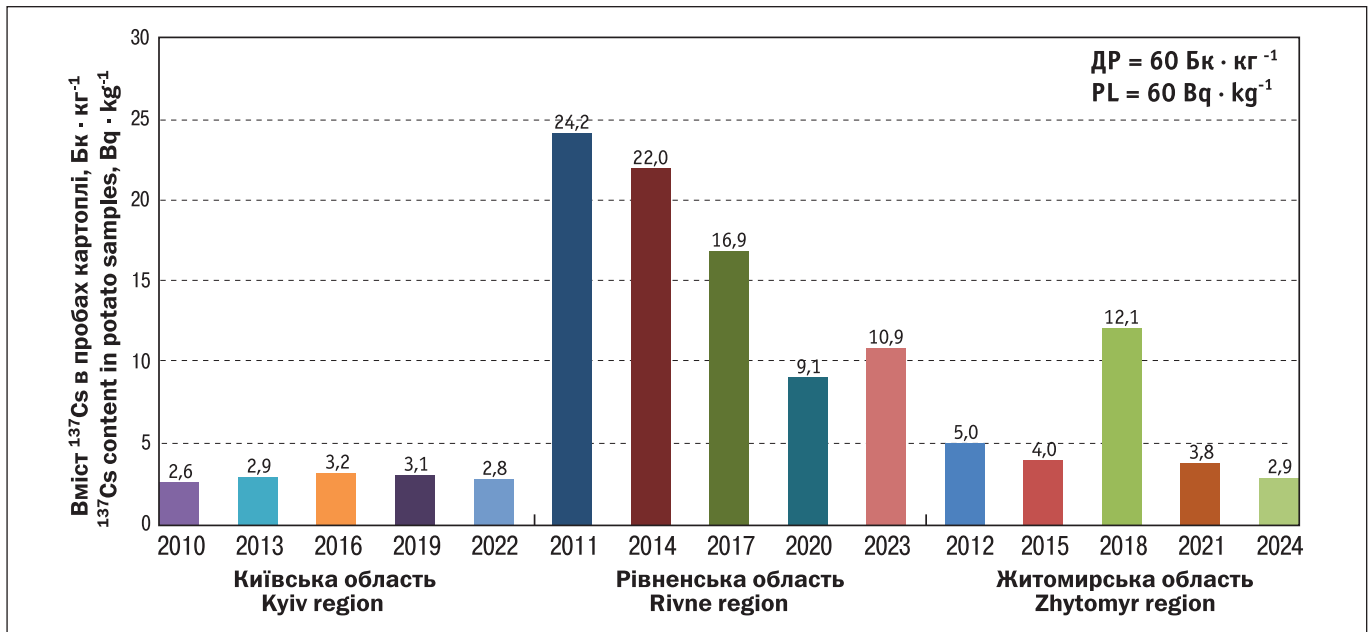


Рисунок 9. Динаміка вмісту ¹³⁷Cs у пробах картоплі, зібраних у домогосподарствах Київської, Рівненської та Житомирської областей (2010–2024 рр.)

Figure 9. Dynamics of ¹³⁷Cs content in potato samples collected from households in Kyiv, Rivne, and Zhytomyr regions (2010–2024)

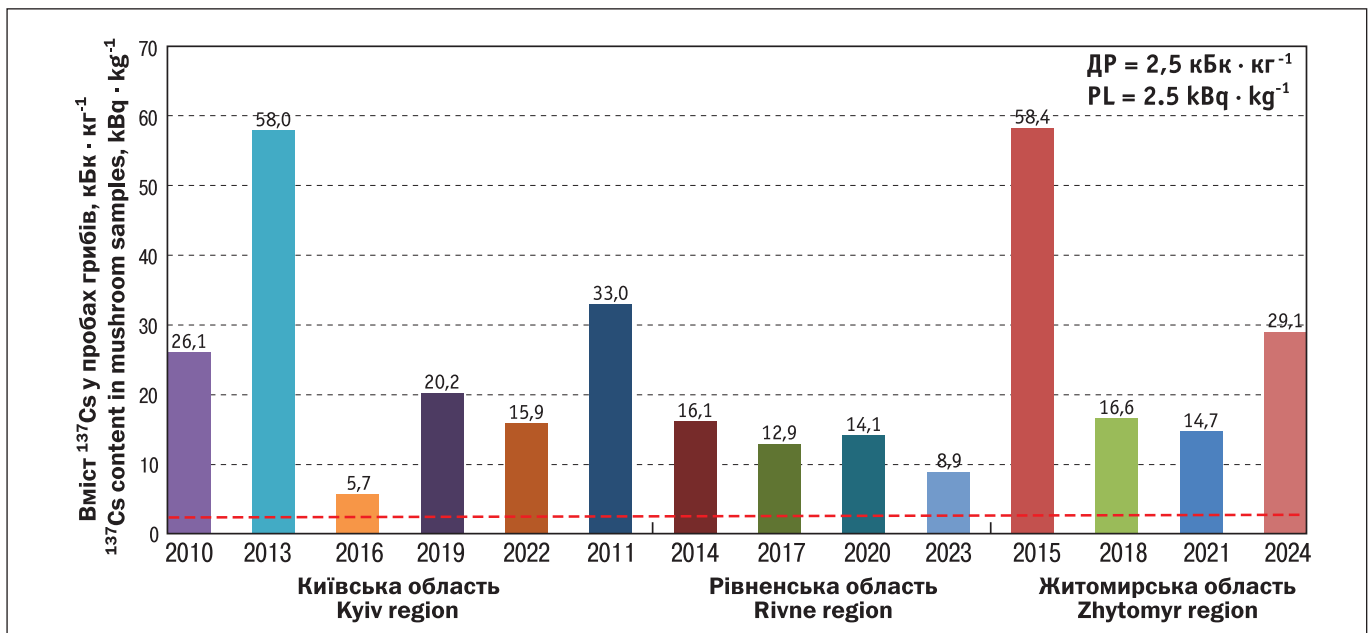


Рисунок 10. Динаміка вмісту ¹³⁷Cs у пробах сушених лісових грибів, зібраних у домогосподарствах Київської, Рівненської та Житомирської областей (2010–2024 рр.)

Figure 10. Dynamics of ¹³⁷Cs content in samples of dried forest mushrooms collected in households in the Kyiv, Rivne, and Zhytomyr regions (2010–2024)

Вміст ⁹⁰Sr у всіх зібраних пробах молока та картоплі нижчий від ДР.

У Київській області спостерігається стабільно низький рівень забруднення молока протягом усього досліджуваного періоду. Значення вмісту ¹³⁷Cs знижувалися з 7,9 Бк · л⁻¹ у 2010 році до 3,4 Бк · л⁻¹ у 2022 році, що більш ніж 20 разів нижче від допустимого рівня (ДР).

and 387 Bq · L⁻¹ in 2023. The content of ⁹⁰Sr in all collected milk and potato samples was below the PL.

In Kyiv region, a consistently low level of milk contamination has been observed throughout the study period. The concentration of ¹³⁷Cs decreased from 7.9 Bq · L⁻¹ in 2010 to 3.4 Bq · L⁻¹ in 2022, which is more than 20 times lower than the PL.

Найбільш складна радіаційна ситуація зберігається в Рівненській області. Протягом усього періоду спостереження (2011–2023 рр.) середній вміст ^{137}Cs у пробах молока систематично перевищував ДР. У 2011 році зафіксовано максимальне значення — $312,8 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, що перевищує норматив утричі. У подальші роки спостерігається поступове зниження концентрацій радіоцезію (до $147,5 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ у 2017 р.), у наступні роки показники залишаються незмінними. У Житомирській області стійка тенденція до зниження вмісту ^{137}Cs у молоці. Якщо у 2012 році середнє значення становило $67,9 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, то в 2024 році — вже лише $11,0 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$.

У Київській області вміст ^{137}Cs у пробах картоплі впродовж періоду спостережень (2010–2022 рр.) варіює у межах $2,6\text{--}3,2 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Ці показники становлять близько 6 % від ДР.

Найвищі рівні вмісту ^{137}Cs були зареєстровані у пробах картоплі, зібраних у домогосподарствах Рівненській області. Так, у 2011 році середній вміст радіонукліду становив $24,2 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, а у 2014 — $22,0 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Надалі простежується тенденція до поступового зниження: у 2017 році — $16,9 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, у 2020 році — $9,1 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, а у 2023 році — $10,9 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Незважаючи на більш високі рівні забруднення порівняно з іншими регіонами, у всі роки вміст ^{137}Cs у картоплі залишається нижчим за ДР.

Житомирська область характеризується нестабільними рівнями вмісту ^{137}Cs у картоплі. У період 2012–2024 рр. показники змінювались від $2,9 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ до $12,1 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Найвище значення було зареєстровано у 2018 році, що, ймовірно, може бути пов'язано як з локальними ґрунтовими особливостями, погодними умовами, так і зі скринінговими ефектами (через поганий урожай картоплі мешканці давали на проби малу посадкову картоплю, яку було важко дослідити). Загалом, значення вмісту ^{137}Cs у картоплі з цього регіону також залишались у межах ДР.

У всіх трьох областях спостерігається тенденція до поступового зниження вмісту ^{137}Cs у картоплі, що пов'язано з природною деконтамінацією ґрунтів, радіоізотопним розпадом, оскільки пройшов один період напіврозпаду ^{137}Cs .

Найбільш забрудненими радіонуклідами продуктами в обстежених НП є продукти дикої природи, в першу чергу лісові гриби й ягоди, особливо, сушені. Вміст інкорпорованого ^{137}Cs в пробах цих продуктів залишається незмінно високим і значно перевищує ДР. Максимальний зареєстрований вміст ^{137}Cs у пробах сушених грибів, зібраних у Київській області у 2022 році, становить $209 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$, у Рівнен-

The most challenging radiological situation remains in Rivne region. During the entire observation period (2011–2023), the average content of ^{137}Cs in milk samples systematically exceeded the PL. In 2011, the maximum value was recorded at $312.8 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, exceeding the limit threefold. In subsequent years, a gradual decrease in radiocesium concentrations was observed (to $147.5 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ in 2017), followed by stabilization of the levels. In Zhytomyr region, a steady downward trend in ^{137}Cs concentration in milk has been recorded. If in 2012 the average value was $67.9 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, then in 2024 it dropped to only $11.0 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$.

In Kyiv region, the ^{137}Cs content in potato samples during the observation period (2010–2022) ranged between $2.6\text{--}3.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$. These indicators account for about 6% of the PL.

The highest levels of ^{137}Cs were recorded in potato samples collected from households in Rivne region. In 2011, the mean activity concentration of the radionuclide was $24.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, and in 2014 it was $22.0 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$. A gradual decrease was observed thereafter: $16.9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in 2017, $9.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in 2020, and $10.9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in 2023. Despite higher contamination levels compared with other regions, the ^{137}Cs content in potatoes remained below the PL in all study years.

Zhytomyr region was characterized by unstable levels of ^{137}Cs in potatoes. During the period 2012–2024, activity concentrations varied from $2.9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $12.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$. The highest value was recorded in 2018, which is likely attributable to a combination of local soil features, weather conditions, and screening effects (as, during a poor potato harvest, residents provided small seed potatoes for sampling, which were difficult to analyze). Overall, the ^{137}Cs concentrations in potatoes from this region also remained within the PL.

In all three regions, there is a clear trend toward a gradual decrease in ^{137}Cs levels in potatoes, which can be explained by natural soil decontamination processes and radioactive decay, since one half-life of ^{137}Cs has already elapsed.

The most radioactively contaminated foodstuffs in the surveyed settlements are wild forest products, primarily mushrooms and berries, especially in dried form. The content of incorporated ^{137}Cs in these products remains consistently high and significantly exceeds the PL. The maximum recorded concentration of ^{137}Cs in dried mushrooms reached $209 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in Kyiv region in 2022, $24 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in Rivne

ській області у 2023 році — $24 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, у Житомирській області у 2024 році — $572 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, що в десятки, а подекуди, і в сотні, разів перевищує ДР для сушених грибів та ягід $2,5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Вміст ^{90}Sr практично у всіх пробах продуктів дикої природи нижчий від ДР.

За результатами опитування мешканців реперних населених пунктів Київської, Рівненської, Житомирської областей можна стверджувати, що найбільш вживаними продуктами харчування мешканців обстежених НП усіх областей є молочні продукти та молоко, картопля та овочі з особистого чи місцевого господарств, хліб та хлібопродукти, придбані в торговій мережі у Київській та Житомирській областях і виготовлені в домашньому господарстві (приблизно 50 %) та куплені у торговельній мережі в Рівненській області (рис. 11–13).

Менше вживають продуктів дикої природи — рибу з місцевих водойм, лісові ягоди та гриби. Однак, зважаючи на суттєву забрудненість лісових продуктів ^{137}Cs , навіть незначні обсяги їх вживання можуть формувати суттєві дозові навантаження.

Теоретичні оцінки ефективних доз внутрішнього опромінення на основі результатів власних досліджень забруднення радіонуклідами основних продуктів харчування та рівнів їхнього споживання

region in 2023, $572 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in Zhytomyr region in 2024, which is tens to, in some cases, hundreds of times higher than the PL of $2.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ for dried mushrooms and berries. The content of ^{90}Sr in almost all samples of wild foods was below the PL.

According to surveys conducted among residents of reference settlements in Kyiv, Rivne, and Zhytomyr regions, the most consumed food products in all surveyed areas are dairy products and milk, potatoes and vegetables from private or local farms, and bread and bakery products. In Kyiv and Zhytomyr regions, bread is mainly purchased in trade network, whereas in Rivne region it is produced both in households (approximately 50%) and purchased from the market (Fig. 11–13).

Consumption of wild foods such as fish from local water bodies, forest berries, and mushrooms is relatively limited. However, due to the considerable contamination of forest products with ^{137}Cs , even small amounts of their consumption can contribute substantially to internal radiation doses.

Theoretical estimates of effective internal doses, based on our own measurements of radionuclide

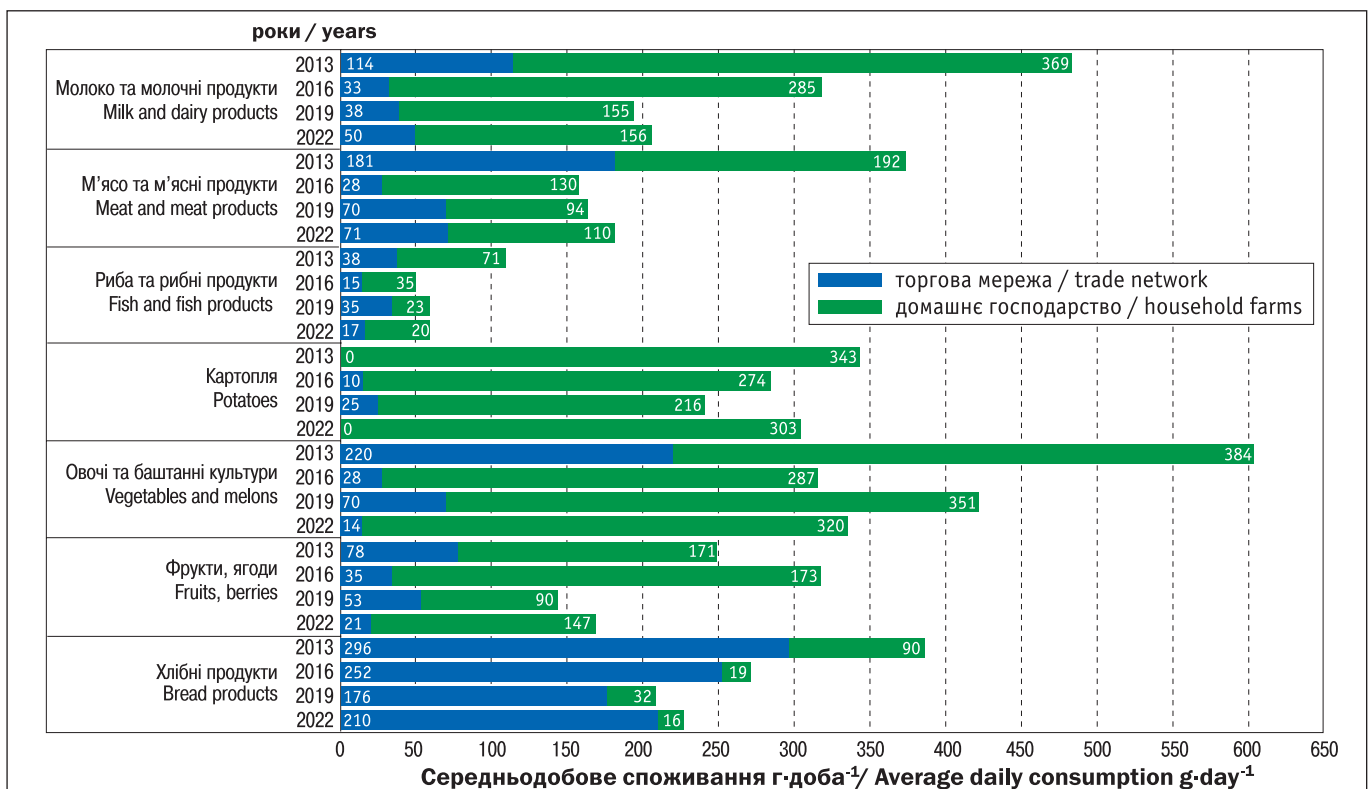


Рисунок 11. Динаміка рівнів споживання основних продуктів харчового раціону, придбаних у торговій мережі та вироблених в особистих домашніх господарствах мешканцями реперних населених пунктів Київської області у 2013–2022 рр.

Figure 11. Dynamics of consumption levels of major food products purchased from trade network and produced in household farms by residents of reference settlements in Kyiv region, 2013–2022

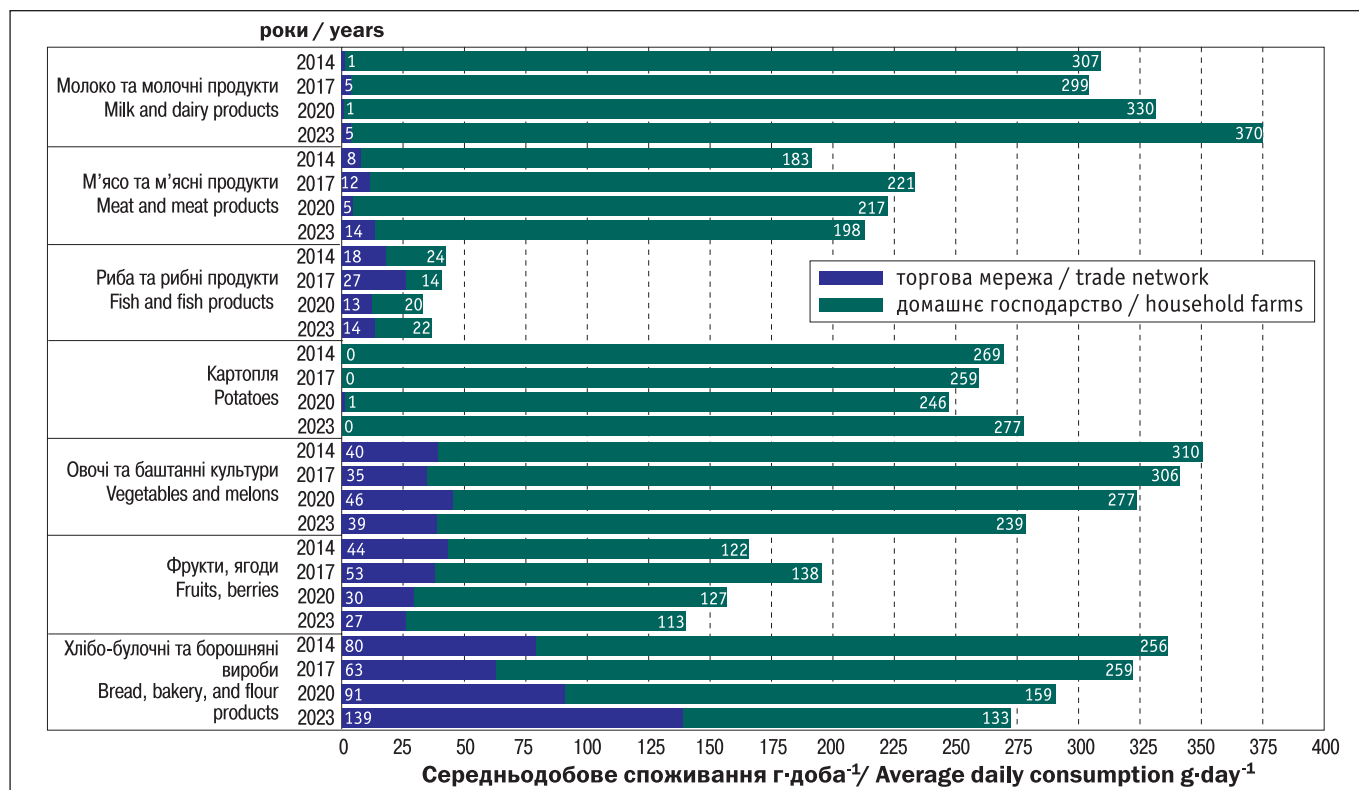


Рисунок 12. Динаміка рівнів споживання основних продуктів харчового раціону, придбаних у торговій мережі та вироблених в домашніх господарствах, мешканцями реперних населених пунктів Рівненської області у 2014–2023 рр.

Figure 12. Dynamics of consumption levels of major food products purchased from trade network and produced in household farms by residents of reference settlements in Rivne region, 2014–2023

свідчать, що основним чинником формування дози внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП усіх регіонів є надходження ^{137}Cs з продуктами дикої природи, особливо, лісовими грибами, в усіх обстежених НП. У Рівненській області другим основним чинником формування дози внутрішнього опромінення є надходження ^{137}Cs з молоком.

Результати проведених досліджень потужності дози зовнішнього опромінення показують, що радіаційний фон в реперних НП ($0,09\text{--}0,16\text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$) зрівнявся з середніми показниками цієї величини на всій території України ($0,1\text{--}0,2\text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$). Розраховані значення річних ефективних доз зовнішнього опромінення населення в реперних населених пунктах Київської області у 2022 році ($272\text{--}317\text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), Рівненської області у 2023 році ($229\text{--}285\text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), Житомирської області у 2024 році ($261\text{--}397\text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) не перевищують середніх значень доз зовнішнього опромінення населення доаварійного періоду, отриманих за рахунок природного радіаційного фону ($300\text{--}650\text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) [24]. На жаль, їх неможливо порівняти зі значеннями доаварійних доз, оскільки в нашому розпорядженні відсутні такі дані в обстежуваних населених пунктах до аварії на ЧАЕС.

contamination in staple food products and the levels of their consumption, demonstrate that the main contributor to internal exposure among residents of all surveyed settlements is the intake of ^{137}Cs with wild foods, particularly forest mushrooms. In Rivne region, a second important contributor to internal exposure is the intake of ^{137}Cs with milk.

The results of external dose rate measurements showed that the radiation background in the reference settlements ($0.09\text{--}0.16\text{ }\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$) has now leveled off with the average values for Ukraine as a whole ($0.1\text{--}0.2\text{ }\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$). The calculated annual effective doses of external exposure for the population of reference settlements were $272\text{--}317\text{ }\mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$ in Kyiv region (2022), $229\text{--}285\text{ }\mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$ in Rivne region (2023), and $261\text{--}397\text{ }\mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$ in Zhytomyr region (2024). These values do not exceed the average levels of pre-accident external exposure from natural background radiation ($300\text{--}650\text{ }\mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$) [24]. Unfortunately, a direct comparison with pre-accident data for the studied settlements is not possible, as such data are unavailable for the period before the Chernobyl accident.

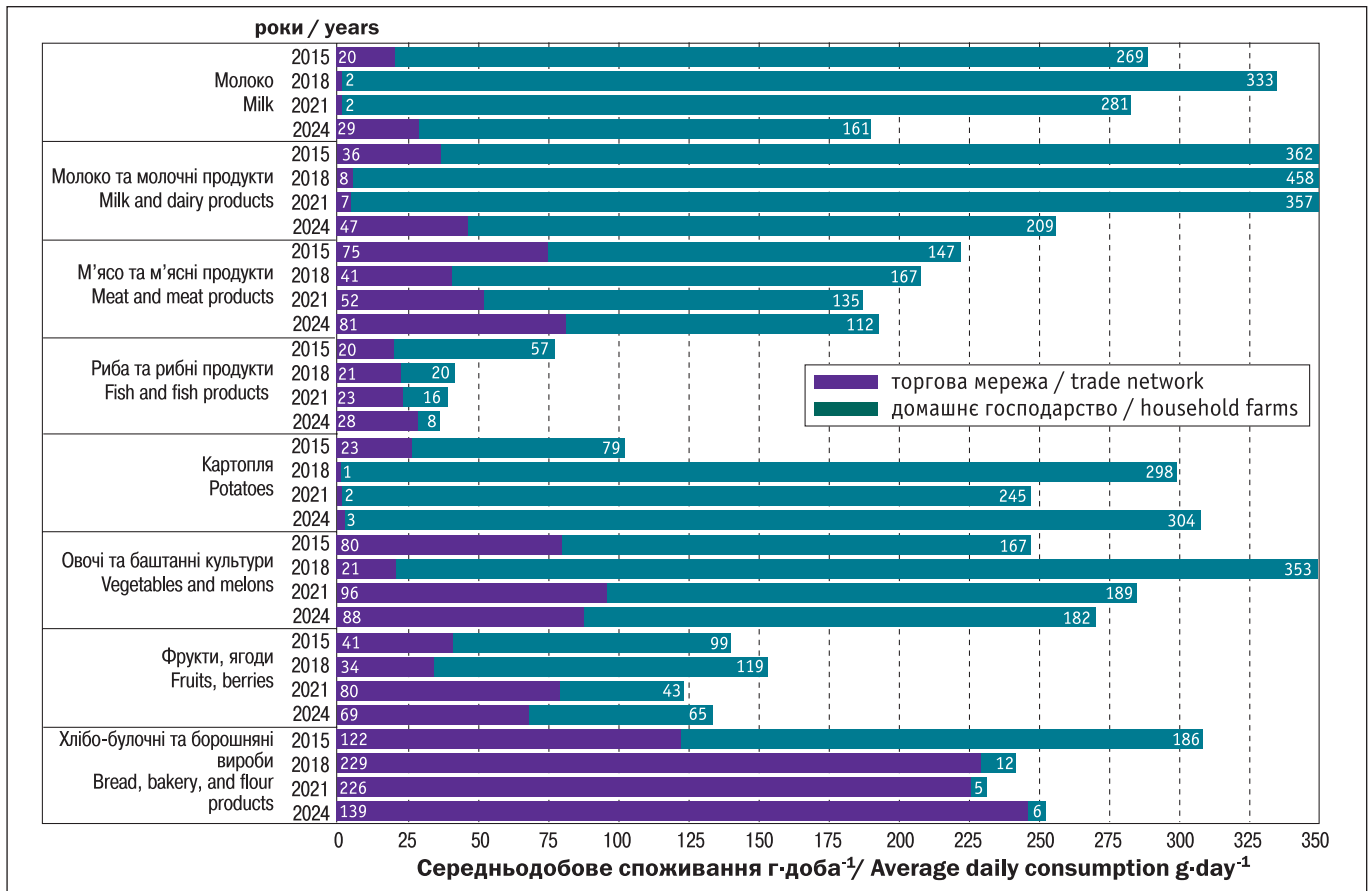


Рисунок 13. Динаміка рівнів споживання основних продуктів харчування, придбаних у торговій мережі та вироблених у домашніх господарствах, мешканцями реперних населених пунктів Житомирської області у 2015–2024 рр.

Figure 13. Dynamics of consumption levels of major food products purchased from trade network and produced in household farms by residents of reference settlements in Zhytomyr region, 2015–2024

Зареєстроване підвищення значень річних ефективних доз зовнішнього опромінення в усіх НП Поліської ОТГ (на 10–13 %) у 2022 році порівняно з даними 2019 року та у сс. Базар, Рудня Базарська, Селець Народицької ОТГ (на 6–14 %) при дослідженні 2024 року, що можливо, пов'язане зі збуренням ґрунту під час пересування великої кількості ворожої важкої військової техніки по території цих НП при окупації Поліської ОТГ та інтенсивними обстрілами і значними руйнуваннями у вищезазначених НП Народицької ОТГ.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що річні ефективні дози опромінення населення у реперних НП на поточному етапі аварії на ЧАЕС формуються за рахунок доз внутрішнього опромінення, які не перевищують $0,50 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2022 р. у Київській, $0,67 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2023 р. у Рівненській, $1,04 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2024 р. у Житомирській областях при критерію РЗТ $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

An increase in annual external effective doses was recorded in all surveyed settlements of the Poliske OTC in 2022 (by 10–13% compared to 2019) and in the villages of Bazar, Rudnya-Bazarska, and Selets of the Narodychi STC in 2024 (by 6–14%). This is likely related to soil disturbance caused by the movement of many enemy heavy military vehicles across these areas during the occupation of Poliske OTC, as well as intensive shelling and substantial destruction in the above-mentioned settlements of the Narodychi STC.

CONCLUSIONS

1. It has been established that annual effective radiation doses to the population of reference settlements at the current stage of the Chornobyl accident are mainly determined by internal exposure, not exceeding $0.50 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in Kyiv region in 2022, $0.67 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in Rivne region in 2023, and $1.04 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ in Zhytomyr region in 2024, all below the reference dose criterion of $1 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$.

2. Зареєстровано загальне подальше зниження рівнів внутрішнього опромінення в усіх обстежених НП Київської, Житомирської, Рівненської областей на тлі нестабільної сезонної динаміки впродовж року.
3. Основним чинником, що формує дозу внутрішнього опромінення є інкорпорований ^{137}Cs , що надходить в організм з такими основними продуктами харчування, як молоко, та лісові продукти, насамперед, гриби, які в Поліському регіоні традиційно займають суттєву частину харчового раціону.
4. У НП Рівненської та Житомирської областей другим основним чинником формування дози внутрішнього опромінення є надходження ^{137}Cs з молоком. Вміст ^{137}Cs у переважній більшості проб молока, зібраних у мешканців обстежених НП Рівненської області в останні роки (75–86 %), перевищує ДР $100 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$.
5. Найбільш забрудненими радіонуклідами продуктами в обстежених НП є продукти дикої природи, насамперед лісові гриби, особливо сушені. Вміст інкорпорованого ^{137}Cs в пробах лісових грибів сушених, зібраних у мешканців реперних НП, в десятки разів перевищує ДР. Зрозуміло, що вживання таких продуктів навіть у незначній кількості обумовить формування суттєвих доз внутрішнього опромінення.
6. Існуюча радіаційно-екологічна ситуація в місцевостях, які зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, потребує продовження моніторингу рівнів радіоактивного забруднення продуктів харчування, особливо зібраних в лісах, а також доз опромінення населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи : Закон України. *Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР)*. 1991. № 16, ст. 198. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12> (дата звернення: 16.09.2021).
2. Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України. *Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР)*. 1991. № 16. ст. 200. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12> (дата звернення: 16.09.2021).
3. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. Сводные данные, июнь 1991-март 1995 г. / И. А. Лихтарёв, И. П. Лось, В. С. Репин и др. Киев : Министерство здравоохранения Украины, 1995. Сб. 5. 312 с.
4. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. / И. А. Лихтарёв, И. П. Лось, В. С. Репин и др. Киев : Министерство здравоохранения Украины, 1994. Сб. 4. 241 с.

2. A general decline in internal exposure levels has been recorded across all surveyed settlements in Kyiv, Zhytomyr, and Rivne regions, against the background of unstable seasonal variations throughout the year.
3. The primary contributor to internal exposure is ^{137}Cs , entering the human body mainly with milk and forest products, particularly mushrooms, which traditionally constitute an essential part of the local diet in the Polissia region.
4. In Rivne and Zhytomyr regions, a second important source of internal dose is the intake of ^{137}Cs with milk. In most milk samples collected in recent years from Rivne region residents (75–86%), the concentration of ^{137}Cs exceeded the permissible level of $100 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$.
5. The most contaminated food products in the surveyed settlements are wild forest products, particularly dried mushrooms. The content of incorporated ^{137}Cs in dried mushroom samples collected from residents of the reference settlements exceeded the permissible level by several tens of times. It is evident that consumption of such products, even in small quantities, results in significant internal exposure doses.
6. The current radiation and ecological situation in areas contaminated by the Chernobyl catastrophe necessitates the continuation of monitoring of radionuclide contamination levels in foodstuffs, especially forest products, as well as monitoring of radiation doses to the population.

REFERENCES

1. [On the legal regime of the territory affected by radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster]: Law of Ukraine. *Verkhovna Rada Bulletin of the Ukrainian SSR (WR)*. 1991. No. 16. p. 198. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12> [accessed: 16.09.2021]. Ukrainian.
2. [On the status and social protection of citizens affected by the Chernobyl disaster]: Law of Ukraine. *Verkhovna Rada Bulletin of the Ukrainian SSR (WR)*. 1991. No. 16. p. 200. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12> [accessed: 16.09.2021]. Ukrainian.
3. Likhtaryov IA, Los IP, Repin VS, et al. [Dosimetric certification of settlements of Ukraine affected by radioactive contamination after the Chernobyl accident. Consolidated data, June 1991-March 1995]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, 1995. Collection 5. 312 p. Russian.
4. Likhtaryov IA, Los IP, Repin VS, et al. [Dosimetric certification of settlements of Ukraine affected by radioactive contamination after the Chernobyl accident]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 1994. Collection 4. 241 p. Russian.

5. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ-моніторингу в населених пунктах України, які зазнали радіактивного забруднення після Чорнобильської аварії. Дані за 2008 рік / І. А. Ліхтарьов, Л. М. Ковган, Г. В. Федосенко та ін. ; МНС України ; ДУ «НЦРМ АМН України», ІРЗ АТН України. Київ, 2009. Збірка 13. 64 с.
6. Вивчення особливостей формування доз внутрішнього опромінення населення РЗТ у віддалений період аварії на ЧАЕС на основі впровадження оптимізованої системи контролю доз внутрішнього опромінення, обумовлених надходженням ^{137}Cs , ^{90}Sr : звіт про НДР (закл.) 484 / ДУ «ННЦРМ НАМН України» ; кер : Нечаєв С. Ю. ; Київ, 2012. 91 с. № держреєстрації 0110U000172.
7. Василенко В. В. Радіологічні та медичні наслідки Чорнобильської катастрофи. Дози опромінення населення. 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. Київ : КІМ, 2011. С. 116-125.
8. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ-моніторингу в населених пунктах України, які зазнали радіактивного забруднення після Чорнобильської аварії. Дані за 2011 рік. / І. А. Ліхтарьов, Л. М. Ковган, Г. В. Федосенко та ін. ; МНС України ; ДУ «ННЦРМ НАМН України» ; ІРЗ АТН України. Київ, 2012. Збірка 14. 99 с.
9. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ-моніторингу в населених пунктах України, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії. Дані за 2012 рік / І. А. Ліхтарьов, Л. М. Ковган, Г. В. Федосенко [та ін.] ; МНС України ; ДУ «ННЦРМ НАМН України» ; ІРЗ АТН України. Київ, 2012. Збірка 15. 34 с.
10. Вивчення особливостей формування доз внутрішнього опромінення населення радіоактивно забруднених територій, обумовлених надходженням ^{137}Cs , ^{90}Sr , на основі комплексного радіаційного моніторингу на поточному етапі аварії на ЧАЕС : звіт про НДР (заключний) : шифр 533, № держреєстрації 0113U002324 / ДУ «ННЦРМ НАМН України». Київ, 2015. 137 с.
11. Комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг окремих населених пунктів радіоактивно забруднених територій України впродовж 2016–2018 рр. для оцінки й уточнення доз опромінення населення (остаточний) : шифр 572, № держреєстрації 0116U002477 / ДУ «ННЦРМ НАМН України» ; кер. : В. В. Василенко, С. Ю. Нечаєв. Київ, 2018. 232 с.
12. Дослідити основні чинники формування доз опромінення населення радіоактивно забруднених територій України у 2019–2021 рр. на основі комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу (остаточний) : шифр 608, № держреєстрації 0119U1006967 / ДУ «ННЦРМ НАМН України». Київ, 2021. 232 с.
13. Оценка доз внутреннего облучения населения за счет радиоцезия с использованием счетчиков излучения человека : методические рекомендации / НЦРМ АМН Украины. Киев, 1994. 19 с.
14. Проведение измерений с использованием счетчиков излучения человека при дозиметрической паспортизации населенных пунктов Украины : методические рекомендации. МинЧернобыль Украины / НЦРМ АМН Украины. Київ, 1996. 73 с.
15. Моніторинг доз внутрішнього опромінення населення на пізньому етапі аварії на ЧАЕС з використанням лічильників випромінювання людини / С. Ю. Нечаєв, В. В. Василенко, В. О. Пікта та ін. Київ : ДУ «НЦРМ АМН України», 2010. 24 с.
5. Likhtaryov IA, Kovgan LM, Fedosenko HV, et al. [Nationwide dosimetric certification and results of human body counter (HBC) monitoring in settlements affected by radioactive contamination after the Chernobyl accident. Data for 2008]. Kyiv: Ministry of Emergency Situations of Ukraine; NRCRM of AMS Ukraine, IRZ ATN Ukraine; 2009. Collection 13. 64 p. Ukrainian.
6. Nechaev SYu. [Study of internal dose formation in the population of RCT in the remote period after the Chernobyl accident using an optimized internal dose control system]. Research report No. 484. Kyiv: NRCRM NAMN Ukraine; 2012, 91 p. Registration No. 0110U000172. Ukrainian.
7. Vasylenko W. [Radiological and medical consequences of the Chernobyl disaster. Population doses]. In: 25 years of the Chernobyl disaster. Safety of the future. Kyiv: KIM; 2011. p. 116-125. Ukrainian.
8. Likhtaryov IA, Kovgan LM, Fedosenko HV, et al. [Nationwide dosimetric certification and HBC monitoring results in settlements affected by radioactive contamination after the Chernobyl accident. Data for 2011]. Kyiv: Ministry of Emergency Situations of Ukraine; NRCRM NAMN Ukraine, IRZ ATN Ukraine; 2012. Collection 14. 99 p. Ukrainian.
9. Likhtaryov IA, et al. [Nationwide dosimetric certification and HBC monitoring results in settlements affected by radioactive contamination after the Chernobyl accident. Data for 2012]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, DAZV Ukraine, NAMN Ukraine, IRZ ATN Ukraine, NKRZN Ukraine; 2012. Collection 15. 34 p. Ukrainian.
10. Nechaev SYu. [Study of internal dose formation in the population of RCT due to ^{137}Cs and ^{90}Sr based on comprehensive radiological monitoring at the current stage of the Chernobyl accident]. Final report. Kyiv: NRCRM NAMN Ukraine; 2015. 137 p. State registration No. 0113U002324. Ukrainian.
11. Vasylenko W, Nechaev SYu, et al. [Comprehensive radiation-hygienic monitoring of selected settlements of RCT Ukraine, 2016–2018, for dose assessment and clarification (final report)]. Final Report. Kyiv: NRCRM NAMN Ukraine; 2018. 232 p. State registration No. 0116U002477. Ukrainian.
12. NRCRM NAMN Ukraine. [Study of the main factors of population dose formation in RCT Ukraine in 2019–2021 based on comprehensive radiation-hygienic monitoring]. Final report. Kyiv; 2021. 232 p. State registration No. 0119U1006967. Ukrainian.
13. NRCRM AMS Ukraine. [Assessment of internal doses from cesium using human body counters]: methodological recommendations. Kyiv; 1994. 19 p. Russian.
14. Ministry of Chernobyl Affairs of Ukraine, NRCRM AMS Ukraine. [Conducting measurements using human body counters during dosimetric certification of settlements of Ukraine]: methodological recommendations. Kyiv; 1996. 73 p. Russian.
15. Nechaev SYu, Vasylenko W, Pikta VO, et al. [Monitoring of internal doses of the population at the late stage of the

16. Бабенко В. В., Казимиров О. С., Рудик О. Ф. Активность бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах. Методика проведения измерений с использованием сцинтилляционных спектрометров и программного обеспечения АК-1. НПП. Київ : Атом Комплекс Прилад, 1998. 27 с.
17. Санітарний контроль за вмістом радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища : методичні рекомендації / під ред. А. Н. Марєя, А. С. Зикової. М., 1980. 335 с.
18. Оцінка споживання основних харчових продуктів мешканцями окремих населених пунктів радіоактивно забруднених територій України / В. В. Василенко, Г. М. Задорожна, М. С. Курята, Л. О. Литвинець, Д. В. Новак. *Проблеми радіаційної медицини*. 2019. Вип. 24. С. 93-108. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-93-108.
19. Руководство по методам контроля радиоактивности окружающей среды / под ред. И. А. Соболева, Е. Н. Беляева. М. : Медицина, 2002. 432 с.
20. Израэль Ю. А. Инструкция по отбору проб почв при радиационном обследовании загрязнения местности. М. : Межведомственная комиссия, 1987. 7 с.
21. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr у продуктах харчування : Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006. Київ : МОЗ України, 2006. 22 с.
22. Корзун В. Н., Лось І. П., Честов О. П. Чорнобиль: радіація і харчування. Київ, 1994. 64 с.
23. Хоменко І. М., Поліщук С. В. Оцінка впливу споживання продуктів харчування місцевого виробництва на формування дози внутрішнього опромінення у віддалений період після Чорнобильської катастрофи. *Довкілля та здоров'я*. 2014. № 2. С. 57-61.
24. Радіаційний фон в Україні. Чорнобиль. Прип'ять, Чорнобильська АЕС і зона відчуження. Уся інформація Чорнобильської зони відчуження і ЧАЕС, природа забруднених територій : вебсайт. URL: <http://www.chornobyl.in.ua/radiacionniy-fon-ukraine.html> (дата звернення 21.08.2025)
- Chornobyl accident using human body counters]. Kyiv: NRCRM AMS Ukraine; 2010. 24 p. Ukrainian.
16. Babenko W, Kazimirov OS, Rudik OF. [Activity of beta-emitting radionuclides in counting samples. Methodology for measurements using scintillation spectrometers and software AK-1. NPP]. Kyiv: Atom Complex Prylad; 1998. 27 p. Russian.
17. Mareya AN, Zikova AS, editors. [Sanitary control of radioactive substances in environmental objects]: methodological recommendations. Moscow; 1980. 335 p. Russian.
18. Vasylenko W, Zadorozhna HM, Kuriata MS, et al. Assessment of consumption of main food products by residents of selected settlements of RCT Ukraine. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2019;24:93-108. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-93-108.
19. Sobolev IA, Belyaev EN, editors. [Guide to methods of environmental radioactivity monitoring]. Moscow: Medicina; 2002. 432 p. Russian.
20. Israel YuA. [Instruction for soil sampling during radiation surveys]. Moscow: Interdepartmental Commission; 1987. 7 p. Russian.
21. [Permissible levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr in food products: Hygienic standard GN 6.6.1.1-130-2006]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2006, 22 p. Ukrainian.
22. Korzun VN, Los IP, Chestov OP. [Chernobyl: radiation and nutrition]. Kyiv; 1994. 64 p. Ukrainian.
23. Khomenko IM, Polishchuk SV. [Assessment of the impact of locally produced food consumption on internal dose formation in the remote period after the Chernobyl disaster]. *Environment and Health*. 2014;(2):57-61.
24. [Radiation background in Ukraine. Chernobyl. Pripjat, Chernobyl NPP and exclusion zone]. All information about Chernobyl exclusion zone and Chernobyl NPP: website. URL: <http://www.chornobyl.in.ua/radiacionniy-fon-ukraine.html> [accessed 21.08.2025]. Ukrainian.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Василенко Валентина Володимирівна, кандидат технічних наук, завідувач лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0270-2738>

Курята Микола Сергійович, науковий співробітник лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5435-4291>

Морозов Віктор Віталійович, молодший науковий співробітник лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3665-0947>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vasylenko Valentyna Volodymyrivna, Candidate of Science (Engineering), Head of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0270-2738>

Kuriata Mykola Sergiiovych, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5435-4291>

Morozov Viktor Vitalievych, Junior Research Associate of the Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3665-0947>

Литвинець Леонід Олександрович, кандидат технічних наук, науковий співробітник лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1852-908X>

Крамаренко Марія Степанівна, інженер відділення дозиметрії клініки ННЦРМГО, м. Київ

Міщенко Ліна Петрівна, завідувач відділення дозиметрії клініки ННЦРМГО, м. Київ

Іскра Наталія Іванівна, доктор медичних наук, лікар-хірург консультативного відділення Поліклініки радіаційного реєстру ННЦРМГО

Білоник Андрій Богданович, завідувач лабораторії радіаційної гігієни та моніторингу відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ

Мань Зінаїда Сергіївна, інженер лабораторії радіаційної гігієни та моніторингу відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ

Боровков Сергій Іванович, інженер лабораторії радіаційної гігієни та моніторингу відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ

Lytvynets Leonid Oleksandrovych, Candidate of Science, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1852-908X>

Kramarenko Marija Stepanivna, Engineer of the Dosimetry Branch of Clinics, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

Mischenko Lina Petrivna, Head of the Dosimetry Branch of Clinics, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

Iskra Natalia Ivanivna, Doctor of Medical Sciences, Surgeon at the consultation department of the Radiation Registry Polyclinic, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

Bilonyk Andrii Bogdanovych, Head of the Laboratory of Radiation Hygiene and Monitoring, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

Man Zinaida Sergiivna, Engineer of the Laboratory of Radiation Hygiene and Monitoring, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

Borovkov Sergey Ivanovich, Engineer of the Laboratory of Radiation Hygiene and Monitoring, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

Стаття надійшла до редакції 02.09.2025

Received: 02.09.2025