

УДК 613.1:614.876:504.064.3(477)

В. В. Василенко¹✉, М. С. Курята¹, В. В. Морозов¹, Л. О. Литвинець¹, М. С. Крамаренко¹,
Л. П. Міщенко¹, А. Б. Білоник¹, З. С. Мань¹, Н. В. Півень²

¹Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, м. Київ, 04050, Україна

²Бюро ВООЗ в Україні, вул. Михайла Грушевського, 9Б, Київ, 01021, Україна

ВИВЧЕННЯ ФОРМУВАННЯ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОГО РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Метою дослідження є визначення основних радіаційно-гігієнічних чинників формування дози опромінення населення радіоактивно забруднених територій (РЗТ) Житомирської області у 2024 році та дослідження динаміки дози внутрішнього опромінення на основі власних експериментальних досліджень в реперних населених пунктах (НП) у 2012–2024 роках.

Матеріали і методи. У 2024 році комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг було проведено у 11 НП Народицької СТГ – смт Народичі, сс. Селець, Базар, Рудня Базарська, Христинівка – друга зона, Мотійки, Залісся, Давидки, Радча, Нова Радча, Грезля – третя зона. Комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг включав такі заходи: виїзний ЛВЛ-моніторинг (817 досліджень: 562 – дорослі, 255 – діти); збір проб основних продуктів харчування (молоко – 39 проб, картопля – 61 проба, продукти дикої природи – 57 проб) та їх аналіз на вміст радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr; дослідження компоненти зовнішнього опромінення у цих НП; опитування (опитано 194 особи) 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. Динаміка рівнів внутрішнього опромінення свідчить про подальше зниження річних доз мешканців реперних НП, в 1,3–2,4 раза порівняно з результатами 2021 року. Річні ефективні дози опромінення в 2024 році формуються в основному за рахунок доз внутрішнього опромінення, які не перевищують 1,04 мЗв · рік⁻¹ у дорослих та 0,15 мЗв · рік⁻¹ у дітей при критерію РЗТ 1 мЗв · рік⁻¹. За результатами опитування встановлено, що найбільш вживаними продуктами харчування мешканців обстежених НП є молочні та овочеві продукти з домашнього господарства та хлібобулочні й борошняні вироби з торгової мережі. Найбільш забруднені ¹³⁷Cs є продукти дикої природи, особливо, лісові ягоди та гриби. Другий продукт за величиною внеску у дозу внутрішнього опромінення є молоко з домашніх та/або місцевих домогосподарств.

Висновки. Дослідження формування дози внутрішнього опромінення показало, що основним чинником, який формує дозу внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Житомирської області, залишається надходження ¹³⁷Cs в організм з продуктами лісового походження та молоком.

Ключові слова: доза опромінення; радіоактивно забруднені території; комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг; ЛВЛ-моніторинг; продукти харчування; ¹³⁷Cs; ⁹⁰Sr.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2024. Вип. 29. С. 79–91. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-79-91

V. V. Vasylenko¹✉, M. S. Kuriata¹, V. V. Morozov¹, L. O. Lytvynets¹, M. S. Kramarenko¹,
L. P. Mischenko¹, A. B. Bilonyk¹, Z. S. Man¹, N.V. Piven²

¹State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka Str., Kyiv, 04050, Ukraine

²WHO Country Office in Ukraine, 9B Mykhaila Hrushevskoho Str., Kyiv, 01021, Ukraine

STUDY OF DOSE FORMATION FOR THE POPULATION IN RADIOACTIVELY CONTAMINATED AREAS OF ZHYTOMYR REGION BASED ON COMPREHENSIVE RADIATION-HYGIENIC MONITORING

Objective: the research is to determine the main radiation-hygienic factors influencing the formation of radiation doses among the population of radioactively contaminated territories (RCT) in Zhytomyr region in 2024 and to analyze the dynamics of internal radiation doses based on original experimental studies conducted in reference settlements from 2012 to 2024.

Materials and methods. In 2024, a comprehensive radiation-hygienic monitoring program was conducted in 11 settlements of Narodychi Territorial Community (TC): the Narodychi and the villages of Selets, Bazar, Rudnya Bazarska, Khrystynivka (Zone 2), Motiyki, Zalissyа, Davydky, Radcha, Nova Radcha, and Grezlya (Zone 3). The comprehensive radiation-hygienic monitoring included the following activities: mobile WBC monitoring: 817 measurements (562 adults and 255 children); collection and analysis of food samples: 39 milk samples, 61 potato samples, and 57 samples of wild foods, analyzed for radionuclide content, including ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr; assessment of external radiation exposure in these settlements; surveys: 194 individuals were surveyed regarding the consumption volumes of locally produced foods from their own households and purchased foods from commercial networks. The study utilized dosimetric, radiochemical, and mathematical methods of analysis.

Results. The dynamics of internal exposure levels indicate a continued decrease in annual doses for residents of reference settlements, showing a 1.3–2.4-fold reduction compared to 2021 results. In 2024, the annual effective doses are primarily formed by internal exposure, not exceeding 1.04 mSv·year⁻¹ in adults and 0.15 mSv·year⁻¹ in children, under the RCT criterion of 1 mSv·year⁻¹. Survey results show that the most consumed food products among residents of the surveyed settlements are dairy and vegetable products from household farms, as well as baked goods and flour-based products from the retail network. The most contaminated products with ¹³⁷Cs are wild forest products, particularly berries and mushrooms. Milk from household or local farms is the second-largest contributor to internal exposure doses.

Conclusions. The investigation into the formation of internal radiation doses revealed that the primary contributor to internal exposure for residents of the surveyed settlements in the Zhytomyr region remains the intake of ¹³⁷Cs through forest products and milk.

Key words: internal radiation dose; radiologically contaminated territories; comprehensive radiation and hygienic monitoring; whole body counter; food; ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr content.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2024;29:79-91. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-79-91

ВСТУП

Житомирська область є однією з найбільш постраждалих від аварії на ЧАЕС як за площею радіоактивно забруднених територій, так і за кількістю забруднених радіонуклідами населених пунктів (НП). На територіях Народицької селищної територіальної громади (СТГ) були зареєстровані найбільші рівні забруднення ґрунтів та найбільші дози опромінення населення [1–3]. Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 23 лип-

INTRODUCTION

Zhytomyr region is one of the regions most affected by the Chernobyl Nuclear Power Plant accident (ChNPP), both in terms of the area of radioactively contaminated territories and the number of settlements contaminated with radionuclides. The highest levels of soil contamination and radiation doses to the population were recorded in the territories of the Narodychi territorial community (TC) [1–3]. According to the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 23,

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

ня 1991 року, 36 населених пунктів району було віднесено до зони обов'язкового відселення (у тому числі і сам райцентр), 36 – до зони гарантованого добровільного відселення, ще 8 – до зони посиленого радіоекологічного контролю [4, 5]. Через низку причин було відселено лише частину з них (повністю – 18 сіл), деякі були відселені частково. Поступово відбувається очищення сільгоспугідь від радіонуклідів. Значно складнішою є ситуація у лісових масивах, де досі подекуди зберігається значний рівень радіоактивного забруднення, передусім ізотопами ^{137}Cs та ^{90}Sr .

Фахівці Національного наукового центру радіаційної медицини, гематології та онкології (ННЦРМГО) Національної академії медичних наук України у післяаварійний період проводять постійний моніторинг рівнів опромінення мешканців радіоактивно забруднених територій (РЗТ) Житомирської області.

Впродовж аварії ситуація в НП РЗТ стрімко мінялася. Динаміка доз внутрішнього опромінення нестійка. Так, після зниження в 1986–1991 роках спостерігалось постійне (з 1992 року і до кінця 90-х років) зростання доз внутрішнього опромінення, особливо сільського населення, внаслідок вживання місцевих продуктів, як результат згортання профілактичних заходів з радіаційного захисту. У 1995–2001 роках в окремих НП Житомирської області середні річні дози внутрішнього опромінення перевищили $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. В останні роки дози внутрішнього опромінення знижуються. Проте динаміка рівнів внутрішнього опромінення мешканців та вмісту радіонуклідів у основних продуктах їхнього харчування в цілому ряді НП є нестабільними, що потребує спостереження і вивчення факторів такої нестабільності. Однак, з 2014 року повноцінний радіологічний моніторинг на радіоактивно забруднених територіях України не проводиться, виконання Державної програми «Дозиметрична паспортизація населених пунктів України» призупинено. З 2012 року фахівці ННЦРМГО кожні три роки проводять комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг в окремих (контрольних) НП Народицької СТГ [6–8].

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є визначення основних радіаційно-гігієнічних чинників формування дози опромінення населення РЗТ Житомирської області у 2024 році та дослідження динаміки дози

1991, 36 settlements in the district were classified as part of the mandatory resettlement zone (including the district center itself), 36 settlements as part of the guaranteed voluntary resettlement zone, and 8 settlements as part of the zone of enhanced radioecological control [4, 5]. For various reasons, only some of these settlements were resettled (18 villages were fully resettled, while others were only partially). Agricultural lands have gradually undergone decontamination from radionuclides. However, the situation remains much more challenging in forested areas, where significant levels of radioactive contamination persist in some locations, primarily due to isotopes of ^{137}Cs and ^{90}Sr .

Specialists from the National Research Center for Radiation Medicine, Hematology, and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine (NRCRMHO) have been conducting continuous monitoring of radiation exposure levels among residents of RCT in Zhytomyr region during the post-accident period.

During the accident, the situation in the RCT settlements changed rapidly. The dynamics of internal radiation doses have been unstable. For example, after a decline in 1986–1991, there was a consistent increase in internal exposure doses from 1992 until the late 1990s, particularly among rural populations. This was due to the consumption of local food products because of the curtailment of radiation protection measures. Between 1995 and 2001, the average annual internal exposure doses in certain settlements of Zhytomyr region exceeded $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$. In recent years, internal exposure doses have been decreasing. However, the dynamics of internal exposure levels among residents and radionuclide content in key food products remain unstable in many settlements, necessitating continuous monitoring and investigation of the factors behind such instability. Since 2014, comprehensive radiological monitoring of radioactively contaminated territories in Ukraine has not been conducted, and the implementation of the State Program «Dosimetric Certification of Settlements in Ukraine» has been suspended. Since 2012, NRCRMHO specialists have carried out comprehensive radiation-hygienic monitoring every three years in selected (control) settlements of the Narodychi TC [6–8].

OBJECTIVE

The purpose of the study is to identify the main radiological hygiene factors that contribute to the formation of the radiation dose for the population of the Zhytomyr region in 2024 and to investigate the dy-

внутрішнього опромінення на основі власних експериментальних досліджень в реперних населених пунктах (НП) у 2012–2024 роках.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У 2024 році комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг було проведено у 11 НП Народицької СТГ – смт Народичі, сс. Селець, Базар, Рудня Базарська, Христинівка – друга зона (зона безумовного (обов'язкового) відселення), Мотійки, Залісся, Давидки, Радча, Нова Радча, Грезля – третя зона (зона гарантованого добровільного відселення).

Комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг включав такі заходи:

- > виїзний ЛВЛ-моніторинг (817 досліджень: 562 – дорослі, 255 – діти);
- > збір проб основних продуктів харчування (молоко – 39 проб, картопля – 61 проба, продукти дикої природи – 57 проб) та їх аналіз на вміст радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr;
- > дослідження компоненти зовнішнього опромінення у цих НП;
- > опитування (опитано 194 особи) щодо обсягів споживання продуктів харчування як місцевих із власного домогосподарства, так і придбаних у торговій мережі.

Визначення вмісту інкорпорованого радіоцезію виконано шляхом прямого вимірювання на лічильнику випромінювання людини (ЛВЛ) «Скринер-3М» (виробництво ІНЕКО, м. Київ) № 153 мобільного типу безпосередньо за місцем проживання обстежуваних осіб у Народицькій СТГ Житомирської області (рис. 1). Проведення калібрування комплексу, вимірювань і розрахунки результатів здійснюються за єдиною в Україні методикою, розробленою в ННЦРМГО [9–11].

namics of the internal radiation dose based on the author’s experimental studies conducted in reference settlements from 2012 to 2024.

MATERIALS AND METHODS

In 2024, a comprehensive radiological hygiene monitoring was conducted in 11 settlements of the Narodychi TC – the Narodychi, and the villages of Selets, Bazaar, Rudnya Bazaar, Khrystynivka (Zone 2, the zone of unconditional (mandatory) resettlement), Motiyki, Zalissyа, Davydky, Radcha, Nova Radcha, and Grezlya (Zone 3, the zone of guaranteed voluntary resettlement).

The comprehensive radiological hygiene monitoring included the following activities:

- > mobile WBC monitoring (817 studies: 562 adults, 255 children);
- > collection and analysis of food samples: 39 milk samples, 61 potato samples, and 57 samples of wild foods, analyzed for radionuclide content, including ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr;
- > assessment of external radiation exposure in these settlements;
- > surveys: 194 individuals were surveyed regarding the consumption volumes of locally produced foods from their own households and purchased foods from commercial networks.

The determination of incorporated radiocesium content was performed through direct measurements using a «Skinner-3M» Whole Body Counter (WBC) (manufactured by INEKO, Kyiv, serial number 153). This mobile device was used directly at the residences of the surveyed individuals in the Narodychi TC, Zhytomyr region (Fig. 1). Calibration of the system, measurements, and result calculations were conducted following a unified methodology developed by the NRCRMHO, which is the only one of its kind in Ukraine [9–11].



Рисунок 1. Проведення ЛВЛ-вимірювань у гімназії с. Базар Народицької СТГ Житомирської області у 2024 р.

Figure 1. Conducting WBC measurements at the gymnasium in the village of Bazar, Narodychi TC, Zhytomyr region, 2024

Наступне завдання дослідження чинників формування доз внутрішнього опромінення населення РЗТ – визначення та аналіз забруднення радіонуклідами основних продуктів харчування та рівнів їх споживання [12, 13]. Проби, зібрані в домашніх господарствах вищезазначених НП, безпосередньо за місцем проживання та доставлені для дослідження в лабораторію радіаційної гігієни та моніторингу (РГМ) ННЦРМГО.

Вимірювання вмісту ^{137}Cs у пробах продуктів проводили на гамма-спектрометрі SILENA. Для визначення вмісту радіонукліда у пробах молока та картоплі використовували посудину Марінеллі ємністю 1 літр. Для визначення вмісту радіонукліда у пробах грибів використовували 100 г продукту та проводили вимірювання в геометрії Дента. Вимірювання вмісту ^{90}Sr в продуктах харчування проводили на бета-спектрометрі СЭБ-01 [14]. Пробопідготовка для вимірювань вмісту ^{90}Sr проводилась відповідно до методичних рекомендацій [15].

Опитування щодо рівнів споживання основних продуктів харчового раціону було проведено за складеними нами у попередні роки опитувальними листами [13].

Вимірювання потужності експозиційної дози зовнішнього опромінення (ПЕД) проводилось методом пішохідної γ -зйомки згідно з вимогами інструктивно-методичних документів [16, 17]. В дослідженнях використовували дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати ЛВЛ-моніторингу дорослих мешканців контрольних НП, проведеного у обсязі достатньому для проведення статистичного аналізу, представлені в табл. 1. В 11 контрольних НП обстежено 704 мешканці: 478 – дорослі, 226 – діти.

Середній вміст ^{137}Cs у дорослих мешканців обстежених НП лежить у межах від 0,6 кБк у с. Залісся до 5,8 кБк у с. Христинівка. Найвищі середні значення річних доз внутрішнього опромінення, обумовлені інкорпорацією ^{137}Cs , зареєстровано у дорослих мешканців сс. Христинівка ($0,18 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), Рудня Базарська ($0,071 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), Селець ($0,057 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) та Давидки ($0,055 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$). Трохи менші показники у смт Народичі ($0,035 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), сс. Базар ($0,035 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), Мотійки ($0,035 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) та Грезля ($0,033 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$). Найнижчі значення зареєстровані у сс. Радча ($0,025 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), Нова Радча ($0,022 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), Залісся ($0,021 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$).

Максимальне зареєстроване значення вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих становить

The next task in studying the factors influencing the formation of internal radiation doses in the population of radiation-contaminated territories is the determination and analysis of radionuclide contamination in key food products and their consumption levels [12, 13]. Samples collected from household farms in the settlements were taken directly at the residents' locations and delivered for analysis to the Laboratory of Radiation Hygiene and Monitoring at the NRCRMHO.

The content of ^{137}Cs in food samples was measured using a SILENA gamma spectrometer. For milk and potato samples, Marinelli vessels with a 1-liter capacity were used. For mushroom samples, 100 grams of the product were analyzed in a Denta geometry setup. The content of ^{90}Sr in food products was determined using a SEB-01 beta spectrometer [14]. Sample preparation for measuring ^{90}Sr content was conducted in accordance with methodological guidelines [15].

Surveys on the consumption levels of key dietary products were conducted using questionnaires we developed in previous years [13].

Measurements of the exposure dose rate (EDR) of external radiation were performed using the pedestrian γ -survey method, in accordance with the requirements of instructional and methodological documents [16, 17]. The studies utilized the MKS-05 «TERRA» dosimeter-radiometer.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the WBC monitoring of adult residents in the control settlements, conducted in a volume sufficient for statistical analysis, are presented in Table 1. A total of 704 residents were examined across 11 control settlements: 478 adults and 226 children.

The average content of ^{137}Cs among adult residents of the surveyed settlements ranged from 0.6 kBq in Zalissyа to 5.8 kBq in Khrystynivka. The highest average annual internal radiation doses caused by ^{137}Cs incorporation were recorded among adult residents of: Khrystynivka ($0.18 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Rudnya Bazarska ($0.071 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Selets ($0.057 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Davydky ($0.055 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$). Slightly lower values were observed in: Narodychi ($0.035 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Bazar ($0.035 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Motiyki ($0.035 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Grezlya ($0.033 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$). The lowest values were registered in: Radcha ($0.025 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Nova Radcha ($0.022 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Zalissyа ($0.021 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$).

Таблиця 1

Результати моніторингу вмісту інкорпорованого ¹³⁷Cs та середньорічна доза внутрішнього опромінення, обумовлена інкорпорацією ¹³⁷Cs, у мешканців обстежених НП Народицької СТГ Житомирської області у 2024 році

Table 1

Results of monitoring the incorporated ¹³⁷Cs content and the average annual internal radiation dose caused by ¹³⁷Cs incorporation among residents of the surveyed settlements in the Narodychi TC, Zhytomyr region, in 2024

Населений пункт Settlement	Вікова група Age group	Кількість обстежених Number of individuals	Вміст інкорпорованого ¹³⁷ Cs, кБк				Доза, мЗв · рік ⁻¹	
			середнє значення mean	медіана median	90 % квантиль 90% quantile	макс. значення max. value	середнє значення mean	макс. значення max. value
Народичі Narodychi	усі / all	272	1,08 ± 1,42	1,42	2,47	11,96	0,04	0,51
	дорослі / adults	173	1,43 ± 1,63	1,63	3,14	11,96	0,04	0,51
	діти / children	99	0,46 ± 0,53	0,53	1,10	3,39	0,02	0,13
Селець Selets	усі / all	53	1,86 ± 2,03	2,03	4,01	13,03	0,06	0,44
	дорослі / adults	47	2,02 ± 2,10	2,10	4,24	13,03	0,06	0,44
	діти / children	6	0,60 ± 0,51	0,51	1,83	1,46	0,04	0,06
Мотійки Motiyki	усі / all	43	1,02 ± 0,86	0,86	2,19	3,75	0,04	0,10
	дорослі / adults	27	1,21 ± 0,96	0,96	2,65	3,75	0,03	0,10
	діти / children	16	0,7 ± 0,56	0,56	1,47	1,64	0,04	0,09
Залісся Zalissyа	усі / all	84	0,64 ± 0,57	0,57	1,42	2,74	0,02	0,07
	дорослі / adults	60	0,73 ± 0,62	0,62	1,57	2,74	0,02	0,06
	діти / children	24	0,40 ± 0,30	0,30		1,14	0,02	0,07
Давидки Davudky	усі / all	33	1,74 ± 1,82	1,82	4,11	8,57	0,06	0,20
	дорослі / adults	27	1,99 ± 1,91	1,91	4,59	8,57	0,06	0,20
	діти / children	6	0,62 ± 0,65	0,65	2,09	1,71	0,03	0,06
Базар Bazar	усі / all	113	0,99 ± 1,02	1,02	2,24	5,60	0,04	0,21
	дорослі / adults	63	1,35 ± 1,19	1,19	2,96	5,60	0,04	0,21
	діти / children	50	0,54 ± 0,43	0,43	1,09	2,68	0,03	0,13
Рудня Базарська Rudnya-Bazarska	усі / all	17	1,85 ± 0,95	0,95	3,66	3,78	0,07	0,15
	дорослі / adults	12	2,08 ± 0,83	0,83	3,56	3,78	0,06	0,12
	діти / children	5	1,29 ± 1,09	1,09		3,20	0,09	0,15
Радча Radcha	усі / all	40	0,85 ± 0,82	0,82	2,11	3,15	0,03	0,07
	дорослі / adults	27	1,08 ± 0,89	0,89	2,49	3,15	0,03	0,07
	діти / children	13	0,38 ± 0,31	0,31	0,00	1,18	0,02	0,05
Нова Радча Nova Radcha	усі / all	23	0,75 ± 0,6	0,60	1,64	2,71	0,02	0,09
	дорослі / adults	21	0,79 ± 0,61	0,61	1,70	2,71	0,02	0,09
	діти / children	2	0,39 ± 0,55	0,55	0,00	0,78	0,01	0,03
Грезля Grezlya	усі / all	12	1,01 ± 0,99	0,99	2,58	3,71	0,03	0,12
	дорослі / adults	10	1,18 ± 1,01	1,01	2,77	3,71	0,04	0,12
	діти / children	2	0,16 ± 0,02	0,02		0,17	0,02	0,02
Христинівка Khrystynivka	усі / all	14	5,78 ± 10,44	10,44	23,46	36,26	0,18	1,04
	дорослі / adults	11	7,17 ± 11,47	11,47	31,20	36,26	0,22	1,04
	діти / children	3	0,66 ± 0,43	0,43		1,04	0,05	0,08

36,3 кБк, що формує річну дозу внутрішнього опромінення 1,04 мЗв · рік⁻¹ (с. Христинівка). Близько 0,4 % обстежених (3 особи) мають індивідуальні річні дози внутрішнього опромінення вищі 0,5 мЗв · рік⁻¹.

Значення середніх річних доз внутрішнього опромінення у дорослих вищі, ніж у дітей – в 1,5 раза (0,043 мЗв · рік⁻¹ – дорослі, 0,028 мЗв · рік⁻¹ – діти), що очевидно пояснюється більш вимогливим ставленням до дитячого раціону харчування.

The maximum recorded value of incorporated ¹³⁷Cs among adults was 36.3 kBq, resulting in an annual internal radiation dose of 1.04 mSv · year⁻¹ (in Khrystynivka). Approximately 0.4% of those surveyed (3 individuals) had individual annual internal radiation doses exceeding 0.5 mSv · year⁻¹.

The average annual internal radiation doses in adults were 1.5 times higher than those in children (0.043 mSv · year⁻¹ for adults vs. 0.028 mSv · year⁻¹ for children). This difference is likely due to

Середні річні дози внутрішнього опромінення у чоловіків у 1,8 раза вищі, ніж у жінок ($0,056 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – чоловіки, $0,032 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – жінки), що можна пояснити більшою кількістю м'язових тканин у чоловіків та особливостями раціону харчування.

Найбільші рівні опромінення серед обстежених мешканців Народицької СТГ зареєстровано у групі непрацюючого населення ($0,078 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) та пенсіонерів ($0,051 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$). Нижчі значення у працівників лісового господарства ($0,043 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) та службовців ДСНС ($0,044 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$). Найнижчі – у робітників ($0,032 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) та службовців ($0,030 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) та військовослужбовців ЗСУ, які виконують свій військовий обов'язок у цих НП. Тобто, найнижчі дози внутрішнього опромінення має працююче населення, очевидно через більшу купівельну спроможність і, відповідно, можливість забезпечити у своєму раціоні більшу частку «чистих» продуктів – з торгової мережі.

В результаті проведеного ЛВЛ-моніторингу у 2024 році зареєстровано значне зниження рівнів внутрішнього опромінення в усіх обстежених НП, в 1,3–2,4 раза, порівняно з результатами ЛВЛ-моніторингу 2021 році (рис. 2), що підтверджує попередню динаміку зниження рівнів опромінення на поточному етапі. Однак, слід відзначити більш стрімке зниження від 2021 до 2024 року, ніж у період від 2018 до 2021 року, коли таке зниження варіювало в межах 1,03–1,1 раза. Можна констатувати, що у 2024 році повертаються темпи зниження рівнів опромінення, характерні для 2012–2018 років, коли кожні 3 роки вони знижувались у 1,4–2,1 раза. Винятком є НП с. Христинівка, дози внутрішнього опромінення в якому у 2024 році зросли у 1,7 раза.

Окрім того, слід відзначити нестабільну сезонну динаміку впродовж року в період спостереження у 2012–2018 роках. У 2012 році у всіх обстежених НП спостерігається підвищення інкорпорації ^{137}Cs від травня по жовтень у 1,7–2,1 раза, у 2015 році, навпаки, зниження у 1,4–2,0 раза, а у 2018 – вміст інкорпорованого ^{137}Cs від травня по жовтень залишається практично незмінним. За нашими спостереженнями сезонний характер формування рівнів внутрішнього опромінення у мешканців Народицької громади напряму пов'язаний з обсягами «врожаю» лісових продуктів.

На жаль, не вдалося дослідити сезонний фактор формування доз внутрішнього опромінення.

stricter attention to the nutritional quality of children's diets.

The average annual internal radiation doses in men were 1.8 times higher than in women ($0.056 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ for men vs. $0.032 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ for women). This difference can be attributed to the higher proportion of muscle tissue in men and differences in dietary habits.

The highest levels of radiation exposure among surveyed residents of the Narodychi TC were recorded in the non-working population ($0.078 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$) and retirees ($0.051 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$). Lower values were observed in: Forestry workers ($0.043 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), State Emergency Service employees ($0.044 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$). The lowest values were recorded among: Laborers ($0.032 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Office workers ($0.030 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), Military personnel of the Armed Forces of Ukraine serving in these settlements. This indicates that working individuals generally have the lowest internal radiation doses, likely due to their greater purchasing power and, consequently, the ability to include a larger proportion of «clean» food products—purchased from commercial outlets—in their diets.

The WBC monitoring conducted in 2024 revealed a significant decrease in internal radiation levels across all surveyed settlements, ranging from 1.3 to 2.4 times compared to the results of the 2021 monitoring (Fig. 2). This confirms the ongoing trend of declining radiation exposure levels. However, the decrease from 2021 to 2024 was more pronounced than during the period 2018 to 2021, when reductions varied within 1.03 to 1.1 times. This suggests that in 2024, the rate of decline in radiation exposure levels returned to the trend observed between 2012 and 2018, when levels dropped by 1.4 to 2.1 times every three years. An exception is the village of Khrystynivka, where internal radiation doses increased by 1.7 times in 2024.

It is also important to note the unstable seasonal dynamics observed throughout the year during the monitoring period from 2012 to 2018. In 2012, all surveyed settlements experienced an increase in ^{137}Cs incorporation from May to October by 1.7–2.1 times. In 2015, the trend reversed, with a decrease of 1.4–2.0 times during the same period. In 2018, the incorporated ^{137}Cs content from May to October remained almost unchanged. According to our observations, the seasonal nature of internal radiation levels among the residents of the Narodychi community is directly linked to the harvest volumes of forest products.

Unfortunately, it was not possible to study the seasonal factor influencing the formation of internal radi-

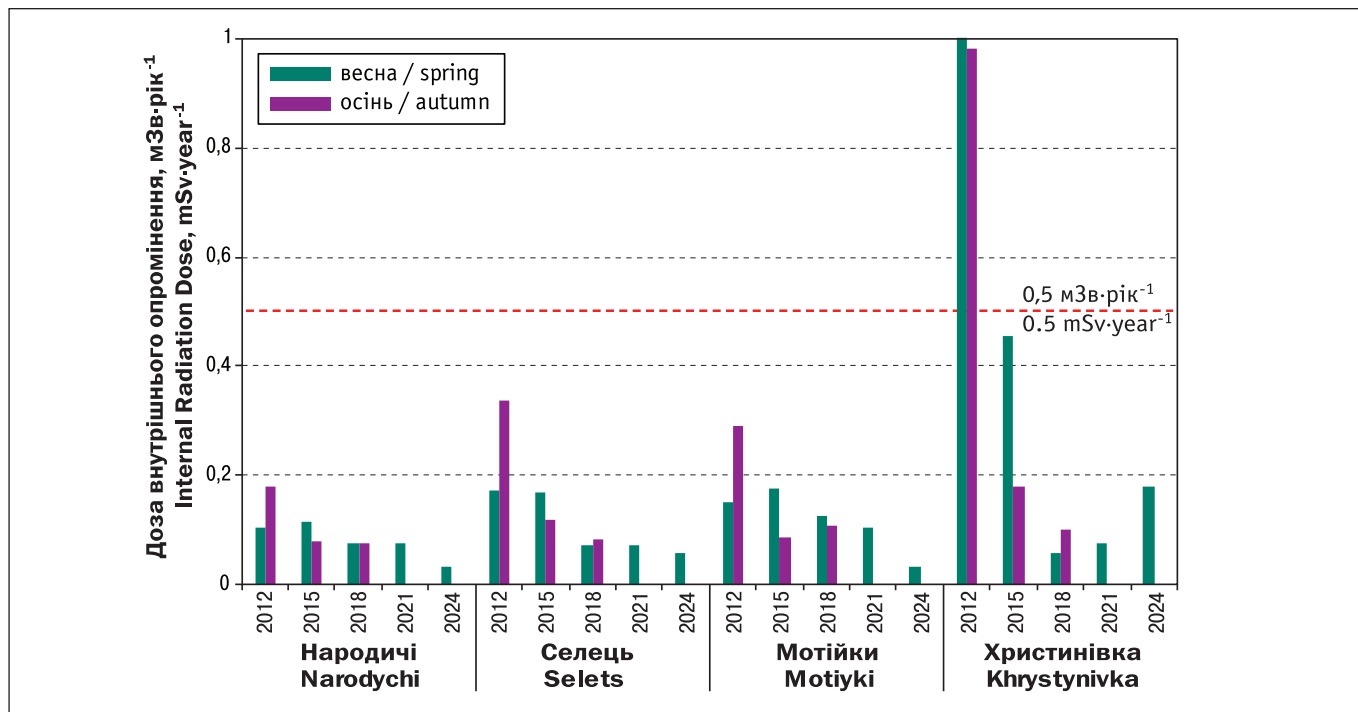


Рисунок 2. Динаміка рівнів внутрішнього опромінення мешканців окремих НП Народицької СТГ Житомирської області впродовж 2012–2024 років

Figure 2. Dynamics of Internal Radiation Levels among Residents of Selected Settlements in the Narodychi TC, Zhytomyr Region, during 2012–2024

Організація другої, осінньої, експедиції неможлива через відсутність фінансування робіт.

Окрім ЛВЛ-моніторингу у рамках комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу було проведено збір проб основних продуктів харчування для їх аналізу на вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr .

Дослідження показали, що вміст ^{137}Cs у зібраних пробах молока (39 проб) у всіх обстежених НП, не перевищує допустимий рівень Гігієнічного нормативу ГН 6.6.1.1-130-2006 (ДР) – $100 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ [18]. Значення вмісту варіює в межах від $1,6 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ до $40,4 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$. В смт Народичі значення вмісту лежить у межах від $2,4 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ до $19,2 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, що не перевищує ДР, на відміну від попередніх досліджень 2021 року. У 2021 році 42 % проб молока мали вміст ^{137}Cs , що перевищує ДР. Це пояснюється зменшенням поголів'я корів саме в тих господарствах, де проби показували перевищення ДР.

Значення вмісту ^{90}Sr лежить у межах від $1,1 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ до $2,4 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, що нижче ДР $20 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$. У пробах картоплі (61 проба) вміст ^{137}Cs варіює у межах від $0,1$ до $10 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, і є значно нижчим ДР – $60 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Вміст ^{90}Sr у пробах картоплі лежить у межах від $1,1 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ до $2,4 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, і не перевищує ДР, який становить $20 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Зібрано 57 проб продуктів дикої природи, з них лісових грибів сушених – 48 проб. Вміст

ation doses. The organization of a second, autumn expedition was not feasible due to a lack of funding for the research activities.

In addition to WBC monitoring, the comprehensive radiological-hygienic monitoring included the collection of samples of key food products for analysis of their ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclide content.

The research revealed that the ^{137}Cs content in collected milk samples (39 samples) from all surveyed settlements does not exceed the permissible level defined by Hygienic Regulation HN 6.6.1.1-130-2006 permissible level (PL) – $100 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ [18]. The values range from $1.6 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ to $40.4 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. In Narodychi, the ^{137}Cs content varies between $2.4 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ and $19.2 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, staying below the PL, unlike the findings from 2021, when 42% of milk samples contained ^{137}Cs levels exceeding the PL. This improvement is attributed to a reduction in cattle numbers in households where previous samples had shown levels above the permissible threshold.

The ^{90}Sr content in milk samples ranges from $1.1 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ to $2.4 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, which is well below the (PL) of $20 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. In potato samples (61 samples), the ^{137}Cs content varies from $0.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $10 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, significantly lower than the PL of $60 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$. The ^{90}Sr content in potato samples ranges from $1.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $2.4 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, also below the PL of $20 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$.

^{137}Cs у грибах лежить у межах від $0,4 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ до $572,1 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Майже 81 % (39 проб) перевищують ДР – $2,5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Проби ягід морожених, сушених, сирих мають вміст ^{137}Cs у межах від $1,2 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ до $4,1 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Вміст ^{90}Sr у пробах продуктів дикої природи на рівні чутливості вимірювання і не перевищує ДР.

За результатами опитування (опитано 194 особи) мешканців щодо обсягів вживання основних продуктів харчування як місцевих із власного домогосподарства, так і придбаних у торговій мережі встановлено, що найбільш вживаними продуктами харчування мешканців обстежених НП є молочні та овочеві продукти з домашнього господарства та хлібобулочні й борошняні вироби з торгової мережі. В молочному раціоні мешканців обстежених НП переважають місцеві продукти (82 %), доля продуктів із держторгівлі зовсім незначна. Щодо продуктів дикої природи, найбільш вживаними місцевими мешканцями є риба із місцевих водойм та компоти із лісових ягід. Слід зазначити, що не дивлячись на невеликі значення середньодобового споживання лісових грибів ($2,3 \text{ g} \cdot \text{доба}^{-1}$) і ягід сушених ($0,3 \text{ g} \cdot \text{доба}^{-1}$), саме вони можуть бути найбільш значимими продуктами у формуванні дози внутрішнього опромінення, оскільки є найбільш забрудненими радіонуклідами.

Таким чином, можна впевнено стверджувати, що основним чинником, який формує дозу внутрішнього опромінення мешканців Житомирської області на поточному етапі аварії є інкорпорований ^{137}Cs , що надходить в організм з такими основними продуктами харчування, як продукти дикої природи, насамперед, гриби лісові, які в Поліському регіоні традиційно займають суттєву частину харчового раціону. Другий продукт за величиною внеску у дозу внутрішнього опромінення є молоко з домашніх та/або місцевих домогосподарств.

Правильна кулінарна обробка цих продуктів харчування може істотно знизити вміст у них радіонуклідів. Тільки обов'язково треба пам'ятати, що запропоновані методи повинні застосовуватися в тих випадках, коли вміст радіонуклідів перевищує припустимі рівні в кілька разів. Якщо ж забруднення продукту в десятки і сотні разів перевищує припустимі рівні, то ніяка обробка не зможе довести його до стану придатності.

Переробка молока в домашніх умовах приводить до значного зниження вмісту радіоактивних

A total of 57 samples of wild forest products were collected, including 48 dried mushroom samples. The ^{137}Cs content in mushrooms ranges from $0.4 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $572.1 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, with nearly 81% (39 samples) exceeding the PL of $2.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Berry samples (frozen, dried, and raw) have ^{137}Cs levels between $1.2 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $4.1 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$. The ^{90}Sr content in all wild forest product samples was at the measurement sensitivity level and did not exceed the PL.

Based on a survey of 194 residents, assessing the consumption of both locally produced and store-bought food products, the following trends were identified. The most consumed food products among residents of the surveyed settlements include dairy and vegetable products from local households and bread and bakery products from the retail network. The milk-based diet of residents predominantly consists of local products (82%), with a negligible share from retail sources. Regarding wild forest products, the most consumed are fish from local water bodies and compotes made from forest berries. It is noteworthy that despite the low average daily consumption of wild mushrooms ($2.3 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$) and dried berries ($0.3 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$), these products can contribute significantly to the formation of internal radiation doses, as they are among the most contaminated with radionuclides.

Thus, it can be confidently stated that the main factor contributing to the internal radiation dose for residents of the Zhytomyr region at the current stage of the aftermath of the accident is the incorporated ^{137}Cs , which enters the body through key food products. The most significant of these are wild forest products, particularly forest mushrooms, which traditionally occupy a substantial portion of the diet in the Polissia region. The second most significant contributor to internal radiation dose is milk from local and/or household sources.

Proper culinary processing of these food products can lead to a significant reduction in the content of radionuclides. However, it is crucial to remember that the proposed methods should only be applied when the radionuclide content exceeds acceptable levels by several times. If the contaminated product has levels of radionuclides that are dozens or hundreds of times higher than the permissible limits, no treatment will be able to make it safe for consumption.

Processing milk at home leads to a significant reduction in the content of radioactive substances in the resulting products. It is important to note that by-products of processing, such as whey and wash water, should not be consumed. When milk is processed into

речовин в одержуваних продуктах. При цьому обов'язково варто знати, що побічні продукти переробки (сироватку, промивну воду) вживати в їжу не можна. При переробці молока на вершки вміст радіонуклідів в одержуваних вершках знижується в 4–6 разів, на сир і сметану – також у 4–6 разів, на твердий сир – у 8–10 разів, на вершкове масло – у 90–100 разів, тобто топлоне масло практично не містить радіонуклідів [19].

При митті сушених грибів рівень радіації в них знижується у 3–4 рази, при кип'ятінні протягом 15 хвилин – практично у 5 разів, при вимочуванні сухих грибів протягом 2 годин у підсоленій воді – у 25 разів, протягом 10 годин – у 200 разів [19].

Отже, виконання запропонованих методів обробки продуктів дозволяє значною мірою знизити вміст радіонуклідів у їжі і буде сприяти зменшенню дози внутрішнього опромінення організму.

Зареєстровані в обстежених НП значення ПЕД становлять $0,10\text{--}0,16 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ і не перевищують середні показники цієї величини на всій території України ($0,1\text{--}0,2 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$) [20]. Дози зовнішнього опромінення населення, розраховані на основі цих даних, лежать у межах $261\text{--}397 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Однак, слід відзначити незначне підвищення розрахованих значень річних ефективних доз зовнішнього опромінення у 2024 р. у жителів сс. Базар і Рудня Базарська році – на 6 %, і більш суттєве – на 16 %, у жителів с. Селець, у порівнянні з результатами 2021 року. Це може бути пов'язане з інтенсивними російськими обстрілами і спричиненими цим суттєвими руйнуваннями у зазначених НП.

ВИСНОВКИ

Результати, отримані при проведенні комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу реперних НП Народицького СТГ показали, що річні ефективні дози опромінення населення в обстежуваних населених пунктах у 2024 році формуються в основному за рахунок доз внутрішнього опромінення і не перевищують $1,04 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у дорослих та $0,15 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у дітей при критерію РЗТ $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

Аналіз динаміки рівнів внутрішнього опромінення свідчить про подальше зниження річних доз в обстежених НП, в 1,3–2,4 раза порівняно з результатами, отриманими у 2021 році. Однак слід відзначити більш стрімке зниження від 2021 до 2024 року, ніж у період від 2018 до 2021 року, коли таке зниження варіювало у межах 1,03–1,1 раза. Можна констатувати, що у 2024 році поверта-

cream, the radionuclide content in the cream decreases by 4–6 times; in cheese and sour cream, it also decreases by 4–6 times; in hard cheese, by 8–10 times; and in butter, by 90–100 times. Thus, clarified butter (ghee) practically does not contain radionuclides [19]

Washing dried mushrooms reduces their radiation levels by 3–4 times, while boiling them for 15 minutes reduces the level by almost 5 times. Soaking dried mushrooms in salted water for 2 hours reduces the radiation level by 25 times and soaking them for 10 hours can reduce it by up to 200 times [19].

Indeed, implementing the proposed methods of food processing can significantly reduce the content of radionuclides in food, thereby contributing to a decrease in the internal radiation dose to the body. This approach can help mitigate the health risks associated with the consumption of contaminated food products.

The registered values of the EDR in the surveyed settlements range from 0.10 to $0.16 \text{ } \mu\text{Sv} \cdot \text{hour}^{-1}$, which do not exceed the average values for the entire territory of Ukraine ($0.10\text{--}0.20 \text{ } \mu\text{Sv} \cdot \text{hour}^{-1}$) [20]. The external radiation doses calculated based on these data range from 261 to $397 \text{ } \mu\text{Sv} \cdot \text{hour}^{-1}$. However, it is important to note a slight increase in the calculated annual effective doses of external radiation in 2024 in the residents of Bazar and Rudnya Bazar settlements – an increase of 6%, and a more significant increase of 16% in the residents of Selets, compared to the results of 2021. This increase could be associated with intensive russian shelling and the substantial damage caused in these settlements.

CONCLUSIONS

The results obtained from the comprehensive radiation and hygienic monitoring of the reference settlements in the Narodychi TC showed that the annual effective radiation doses for the population in the surveyed settlements in 2024 are primarily formed by internal radiation doses and do not exceed $1.04 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ for adults and $0.15 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ for children, with the RCT criterion being $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

The analysis of the dynamics of internal radiation levels indicates a further decrease in annual doses in the surveyed settlements, ranging from 1.3 to 2.4 times compared to the results obtained in 2021. However, it is important to note that the decline from 2021 to 2024 has been steeper than the period from 2018 to 2021, where the decrease varied from 1.03 to 1.1 times. It can be concluded that in 2024, the rate of

ються темпи зниження рівнів опромінення, характерні для 2012–2018 років, коли кожні 3 роки вони знижувались у 1,4–2,1 раза.

За результатами опитування встановлено, що найбільш вживаними продуктами харчування мешканців обстежених НП є молочні та овочеві продукти з домашнього господарства та хлібобулочні й борошняні вироби з торгової мережі.

Дослідження формування дози внутрішнього опромінення показало, що основним чинником, який формує дозу внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Житомирської області, залишається надходження ^{137}Cs в організм з продуктами лісового походження та молоком.

decline in radiation levels is returning to the pace observed from 2012 to 2018, when the levels decreased by a factor of 1.4 to 2.1 every three years.

According to the survey results, the most consumed food products among the residents of the surveyed settlements are dairy and vegetable products from household farms, as well as bakery and flour products from the commercial network.

The study on the formation of internal radiation doses showed that the primary factor contributing to the internal radiation dose in the residents of the surveyed settlements in the Zhytomyr region remains the intake of ^{137}Cs into the body from forest-derived products and milk.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ моніторингу в населених пунктах України, які зазнали радіаційного забруднення після Чорнобильської аварії. Дані за 2011 рік. / І. А. Ліхтарьов, Л. М. Ковган, Г. В. Федосенко [та ін.] ; МНС України ; ДУ «ННЦПМ НАМН України» ; ІРЗ АТН України. Збірка 14. Кієв, 2012. 99 с.
2. 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.
3. Дози опромінення / І. А. Ліхтарьов, В. В. Василенко, М. Я. Циганков та ін. *Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986–2011* : монографія / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. Тернопіль : ТДМУ, 2011. С. 35-64.
4. 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).
5. 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).
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 «ННЦПМ НАМН України» ; кер : Неचाев С. Ю. ; Київ, 2012. 91 с. № держреєстрації 0110U000172.
7. 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 (закл.) 533 / ДУ «ННЦПМ НАМН України» ; кер. :

REFERENCES

1. Likhtarev IA, Kovgan LM, Fedosenko GV, et al. [General Dosimetric Certification and Results of WBC Monitoring in the Settlements of Ukraine Affected by Radiation Contamination after the Chernobyl Accident. Data for 2011.] Ministry of Emergencies of Ukraine; State Institution «NRCRM of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; RPI of the Academy of Sciences of Ukraine. Collection 14. Kyiv, 2012. 99 p. Ukrainian.
2. Likhtarev IA, Los IP, Repin VS, et al. [Dosimetric passportization of the settlements of Ukraine, which were exposed to radioactive contamination after the Chernobyl accident. Summary data, June 1991 - March 1995]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 1995. Coll. 5. 312 p. Russian.
3. Serdyuk A, Bebesko V, Bazyka D, editors. [Health consequences of the Chernobyl catastrophe: 1986–2011]. Ternopil: TDMU, 2011. p. 35. Ukrainian.
4. Law of Ukraine «On the legal regime of the territory subject to radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster». *Bulletin of the Verkhovna Rada of the Ukrainian SSR (BVR)*. 1991;16:198. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0q12> (accessed: 16.09.2021). Ukrainian.
5. Law of Ukraine «On the status and social protection of citizens affected by the Chernobyl accident». *Bulletin of the Verkhovna Rada of the Ukrainian SSR (BVR)*. 1991;16:200. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796q12> (accessed: 16.09.2021). Ukrainian.
6. NRCRM NAMS of Ukraine; head of research Nechaev SYu. [Study of peculiarities of the formation of doses of internal radiation in population of RCT in remote period of the Chernobyl accident on the basis of introduction of optimized system for controlling of doses of internal radiation due to ^{137}Cs , ^{90}Sr incorporation] [Research & Development Report (final) #484]. Kyiv, 2012. 91 p. Ukrainian.
7. NRCRM NAMS of Ukraine; head of research Vasilenko W, Nechaev SYu. [Study of formation peculiarities of internal radiation doses in population of radiologically contaminated territories caused by the ^{137}Cs , ^{90}Sr incorporation on a basis of integrated radiation monitoring at current stage of the Chernobyl accident] [Research Report (final) #533]. Kyiv, 2015. 137 p. Ukrainian.

- В. В. Василенко, С. Ю. Нечаєв. Київ, 2015. 137 с. № держреєстрації 0113U002324.
8. Комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг окремих населених пунктів радіоактивно забруднених територій України впродовж 2016-2018 рр. для оцінки й уточнення доз опромінення населення (остаточний) 572 / ДУ «ННЦРМ НАМН України»; кер. : В. В. Василенко, С. Ю. Нечаєв. Київ, 2018. 232 с. № держреєстрації 0116U002477.
 9. Оценка доз внутреннего облучения населения за счет радиоцезия с использованием счетчиков излучения человека : методические рекомендации. НЦРМ АМН Украины. Киев, 1994. 19 с.
 10. Проведение измерений с использованием счетчиков излучения человека при дозиметрической паспортизации населенных пунктов Украины : методические рекомендации. МинЧернобыль Украины. НЦРМ АМН Украины. Київ, 1996. 73 с.
 11. 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 «ННЦРМ АМН України», 2010. 24 с.
 12. 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.
 13. 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.
 14. 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.
 15. 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.
 16. Руководство по методам контроля радиоактивности окружающей среды / под ред. И. А. Соболева, Е. Н. Беляева. М. : Медицина, 2002. 432 с.
 17. Израэль Ю. А. Инструкция по отбору проб почв при радиационном обследовании загрязнения местности. М. : Межведомственная комиссия, 1987. 7 с.
 18. 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.
 19. Корзун В. Н., Лось І. П., Честов О. П. Чернобыль: радиация і харчування. Київ, 1994. 64 с.
 20. Практическое пособие санитарного врача по радиационной гигиене / под ред. М. И. Костецкого. Запорожье : Министерство здравоохранения Украины, Запорожская обласная санитарно-эпидемиологическая станция, 2002. 79 с.
 8. SI «NRCRM NAMS of Ukraine»; head of research Vasylenko W, Nechaev SYu. [Comprehensive radiological and hygienic monitoring of human settlements of radioactively contaminated territories of Ukraine during 2016 to assess and clarify the radiation doses of the population] [Final report 572] / Kyiv, 2018. 232 p. № State registration 0116U002477. Ukrainian.
 9. NRCRM of the Academy of Medical Sciences of Ukraine. [Estimation of internal radiation doses from radioactive cesium in population using whole body counters]: methodical recommendations. Kiev; 1994. 19 p. Russian.
 10. Ministry of Chernobyl of Ukraine; NRCRM AMS of Ukraine. [Measurements using human radiation meters during dosimetric certification of settlements in Ukraine]: guidelines. Kiev, 1996. 73 p. Russian.
 11. Nechaev SYu, Vasylenko W, Pikta VO, et al.; Ministry of Health of Ukraine, Academy of Medical Sciences of Ukraine. [Monitoring of internal radiation doses of the population at the late stage of the Chernobyl accident with the use of human radiation meters]: methodical recommendation. Kyiv; 2010. 24 p. Ukrainian.
 12. Homenko IM, Polischuk SV. [Assessment of impact of local food consumption on formation of internal radiation doses in the late period after the Chernobyl disaster]. *Environment Health*. 2014; (2):57-61. Ukrainian.
 13. Vasylenko W, Zadorozhna GM, Kuriata MS, Lytvynets LO, Novak DV, Mishchenko LP. Evaluation of main foodstuffs consumption by residents of particular settlements on radiologically contaminated territories of Ukraine. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2019; 24:93-108. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-93-108.
 14. Babenko W, Kazimirov OS, Rudik OF. [Activity of beta emitting radionuclides in counting samples. Measurement technique using scintillation spectrometers and software.] Russian.
 15. Marey AN, Zykova AS, editors. [Sanitary control of content of radioactive substances in the environment: guidelines]. Moscow; 1980. 335 p. Russian.
 16. Sobolev IA, Belyaev EN, editors. [Manual on methods for controlling of environmental radioactivity]. Moscow: Medicine, 2002. 432 p. Russian.
 17. Izrael YuA; Interdepartmental Commission. [Instruction for soil sampling in radiation survey of terrain contamination]. Moscow; 1987. 7 p. Russian.
 18. [Permissible levels of ^{137}Cs , ^{90}Sr radionuclide content in food: Hygienic Standard GN 6.6.1.1-130-2006. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, 2006. 22 p. Ukrainian.
 19. Korzun VN, Los IP, Chestov OP. [Chernobyl: radiation and nutrition]. Kyiv, 1994. 64 p. Ukrainian.
 20. Kostetsky MI, editor. [The practical guide to a sanitary doctor on radiation hygiene]. Zaporozhye: Ministry of Health of Ukraine; Zaporozhye Regional Sanitary and Epidemiological Station; 2002. 79 p. Russian.

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>

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

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

Півень Наталія Василівна, Бюро ВООЗ в Україні, м. Київ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valentyna V. Vasylenko, Candidate of Science (Engineering), Head of the Whole Body Counter Laboratory, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0270-2738>

Mykola S. Kuriata, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5435-4291>

Viktor V. Morozov, Junior Research Associate of the Body Counter Laboratory, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3665-0947>

Leonid O. Lytvynets, Candidate of Science, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1852-908X>

Marija S. Kramarenko, Engineer of the Dosimetry Branch of Clinics, NNCRM, Kyiv, Ukraine

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

Andrii B. Bilonyk, Head of the laboratory of radiation hygiene and monitoring, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

Zinaida S. Man, Engineer of the laboratory of radiation hygiene and monitoring, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRMHO, Kyiv, Ukraine

Natalia V. Piven, WHO Office in Ukraine

Стаття надійшла до редакції 29.08.2024

Received: 29.08.2024