

УДК: 57:539.12.08;615.849, 613.648:504.064, 613.648:613.2, 504.054:351.777.6;614.7, 504.064.3, 546.36.42:615.849.5:504.064.3:614.7+613.2:614.876(477)

В. В. Василенко✉, М. С. Курята, В. В. Морозов, Л. О. Литвинець, М. С. Крамаренко,
Л. П. Міщенко, А. Б. Білоник, З. С. Мань, В. Ш. Шварцман

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

КОМПЛЕКСНИЙ РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНИЙ МОНІТОРИНГ МЕШКАНЦІВ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2021 РОЦІ

Метою дослідження є визначення основних чинників формування доз опромінення населення радіоактивно забруднених територій Житомирської області на поточному етапі аварії на основі проведення комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу в реперних населених пунктах у 2021 р.

Матеріали і методи. Для комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу у Житомирській області було обрано 10 населених пунктів (НП) – смт Народичі, сс. Селець, Базар, Рудня Базарська, Христинівка – 2-га зона, сс. Мотійки, Залісся, Давидки, Радча, Нова Радча – 3-тя зона, Народицької ОТГ, в яких після аварії на ЧАЕС реєструються найбільші дози опромінення. Дослідження виконані у червні 2021 р. З метою визначення доз внутрішнього опромінення виконано 645 вимірювань на лічильниках випромінювання людини (ЛВЛ) (478 дорослих і 167 дітей). У місцевих господарствах зібрано та виміряно на вміст ^{137}Cs , ^{90}Sr 44 проби молока, 45 проб картоплі, 38 проб продуктів дикої природи. Опитано щодо рівнів споживання основних продуктів харчування 220 мешканців (175 дорослих і 45 дітей). В усіх НП проведено роботи з оцінки доз зовнішнього опромінення. В роботі використано математичні, дозиметричні, радіохімічні методи.

Результати та висновки. Річні ефективні дози опромінення населення Житомирської області в 2021 році формуються в основному за рахунок доз внутрішнього опромінення, які не перевищують $1,8 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у дорослих та $0,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у дітей при критерію радіоактивно забруднених територій $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Основним чинником, який формує дозу внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Житомирської області, залишається надходження ^{137}Cs в організм з молоком і лісовими продуктами, які традиційно становлять суттєву частину харчового раціону, і мають незмінно високі рівні забруднення радіоцезієм.

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

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2022. Вип. 27. С. 150–166. doi: 10.33145/2304-8336-2022-27-150-166

✉ Василенко Валентина Володимирівна, e-mail: vvv2201@ukr.net

V. V. Vasylenko✉, M. S. Kuriata, V. V. Morozov, L. O. Lytvynets, M. S. Kramarenko, L. P. Mischenko, A. B. Bilonyk, Z. S. Man, V. Sh. Schwartzman

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

COMPLEX RADIATION AND HYGIENIC MONITORING OF POPULATION ON RADIOLOGICALLY CONTAMINATED TERRITORIES OF ZHYTOMYR OBLAST IN 2021

Objective: the key factors identification in radiation dose formation in population of radiologically contaminated areas of Zhytomyr oblast in the current period of accident through complex radiation and hygienic monitoring in reference settlements in 2021.

Materials and methods. For complex radiation-hygienic monitoring in Zhytomyr oblast, 10 settlements were chosen – Narodychi, Selets, Bazar, Rudnya Bazarska, Khrystynivka – zone 2, Motiyki, Zalissyа, Davydky, Radcha, Nova Radcha – zone 3 of Narodychi district, in which the highest radiation doses were recorded after the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. The research was carried out in June 2021. In order to determine the doses of internal radiation, 645 measurements were performed on whole body counters (WBC) (478 adults and 167 children). The 44 samples of milk, 45 samples of potatoes and vegetables, and 38 samples of wild products were collected in local farms and measured for the ^{137}Cs and ^{90}Sr content. Residents of the studied settlements ($n = 220$, 175 adults, and 45 children) were interviewed about the levels of consumption of staple foodstuffs. External radiation doses were evaluated in all the studied settlements. Mathematical, dosimetry, and radiochemical methods were applied.

Results and conclusions. Annual effective radiation doses of Zhytomyr oblast population in 2021 were formed mainly due to internal radiation ones that not exceeded $1.8 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in adults and $0.5 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in children against the radiologically contaminated territories (RCT) criterion of $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$. Intake of ^{137}Cs with milk and wild mushrooms, which traditionally occupy a significant part of diet in Zhytomyr oblast area and have consistently high levels of radioactive cesium contamination, remains a key factor of internal radiation dose forming in residents of the surveyed settlements of Zhytomyr oblast.

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

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2022;27:150-166. doi: 10.33145/2304-8336-2022-27-150-166

Житомирська область є однією з найбільш постраждалих від аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС), як за площею забруднених радіонуклідами територій, так і за кількістю населення, що мешкає на цих територіях та рівнями опромінення, які отримує населення. Проведений аналіз наявної дозиметричної інформації показав, що найвищі рівні внутрішнього опромінення у післяаварійні роки зареєстровані у населених пунктах (НП) Народицького, Овруцького, Лугинського районів [1–3]. В останні роки дози внутрішнього опромінення значно знизились. Але й на сьогодні 301 НП у 7 районах Житомирської області згідно із Законами України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» та «Про статус і соціальний захист громадян, які

Zhytomyr oblast is one of the most affected by the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP), both in terms of the area of the territories contaminated by radionuclides, and in terms of the number of people living in these territories and the levels of radiation received by the population. The analysis of the available dosimetric information showed that the highest levels of internal exposure in the post-accident years were registered in settlements of Narodychi, Ovruch, Luhyny districts [1–3]. In recent years, internal radiation doses have decreased significantly. But even today there are 301 settlements in 7 districts of the Zhytomyr oblast according to the Laws of Ukraine «On the legal regime of the territory that has undergone radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster» and «On the status and social protection of citizens who suffered as a result

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

постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи» (редакція станом на 07.11.2015 р.) підлягають радіологічному контролю [4, 5]. Найбільш повне дозиметричне обстеження населення Житомирської області було проведено у 2012 році у рамках програми «Загальнодозиметрична паспортизація НП України» [3]. Найвищі рівні внутрішнього опромінення мешканців Житомирської області, як і в попередні роки, реєструються в НП Народицької ОТГ. У смт Народичі, сс. Мотійки, Селець середньорічні дози внутрішнього опромінення у перші аварійні роки значно перевищували допустимі рівні. Динаміку рівнів внутрішнього опромінення мешканців цих сіл у післяаварійний період представлено на рис. 1. У 2012 р. у смт Народичі, сс. Селець, Мотійки середні річні дози внутрішнього опромінення лежать у межах $0,177-0,204 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, у 2015 – у межах $0,101-0,149 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

МЕТА

Метою дослідження є визначення основних чинників формування доз опромінення населення радіоактивно забруднених територій Житомирської області на поточному етапі аварії на основі проведення комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу в реперних населених пунктах у 2021 р.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

У червні 2021 р. у рамках комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу Житомирської області було проведено виїзний ЛВЛ-моніторинг у десяти НП у обсязі, достатньому для статистичного аналізу – смт Народичі, сс. Селець, Базар, Рудня Базарська, Христинівка – 2-га зона, сс. Мотійки, Залісся, Давидки, Радча, Нова Радча – 3-тя зона. На жаль, здійснити другу, осінню серію вимірювань нам не вдалося через обмеження, пов'язані з Covid-19. Усі обстежені НП, окрім смт Народичі, – сільського типу, і розташовані поблизу лісових масивів, а частково знаходяться безпосередньо біля лісу. Села невеликі. В них проживає від 57 (с. Христинівка) до 779 (с. Селець) осіб. Оскільки, господарська діяльність у цих НП заборонена, роботи для населення практично нема, окрім особистих домогосподарств. Молодь виїжджає на постійне проживання до районних та обласних центрів, ті, хто залишився, працюють у небагатьох функціонуючих підприємствах і закладах – лісгосп, заповідник, школа, сільрада, або ж виїжджають на роботу в Народичі, Овруч, Коростень, Київ. Діти із сс. Мотійки, Христинівка, Давидки навчаються і відвіду-

of the Chornobyl disaster» (edited as of 07/11/2015) are subject to radiological control [4, 5]. The most complete dosimetric survey of the population of Zhytomyr oblast was carried out in 2012 as part of the program «General dosimetric certification of the settlements of Ukraine» [3]. The highest levels of internal exposure of residents of Zhytomyr oblast, as in previous years, are registered in settlements of Narodychi district. In the villages of Narodychi, Motiyki, Selets, the average annual doses of internal radiation in the first post-accident years significantly exceeded permissible levels. The dynamics of the levels of internal radiation of residents of these villages in the post-accident period are presented in Fig. 1. In 2012, in Narodychi, Selets, Motiyki, the average annual doses of internal radiation were within $0.177-0.204 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, in 2015 – within $0.101-0.149 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

OBJECTIVE

The purpose of the study is to determine the main factors of radiation doses to the population of radioactively contaminated areas of Zhytomyr oblast at the current stage of the accident on the basis of complex radiation and hygiene monitoring in investigated settlements in 2021.

MATERIALS AND METHODS

In June 2021, within the framework of complex radiation-hygienic monitoring of the Zhytomyr oblast, on-site whole body counter (WBC) monitoring was carried out in ten settlements in an amount sufficient for statistical analysis – Narodychi, Selets, Bazar, Rudnya Bazarska, Khrystynivka – zone 2, Motiyki, Zalissy, Davydky, Radcha, Nova Radcha – zone 3. Unfortunately, we were unable to carry out the second, autumn series of measurements due to Covid-19 restrictions. All surveyed settlements, except for the town of Narodychi, are of a rural type and are located near forest areas, and some are located directly next to the forest. The villages are small. From 57 (Khrystynivka village) to 779 (Selets village) people live in them. Since economic activity in these settlements is prohibited, there is practically no work for the population, except for private households. Young people leave for permanent residence in district and regional centers, those who remain work in the few functioning enterprises and institutions – a forest farm, reserve, school, village council, or go to work in Narodychi, Ovruch, Korosten, Kyiv. Children from Motiyki, Khrystynivka, Davydky study and attend kindergarten in Zalissy,

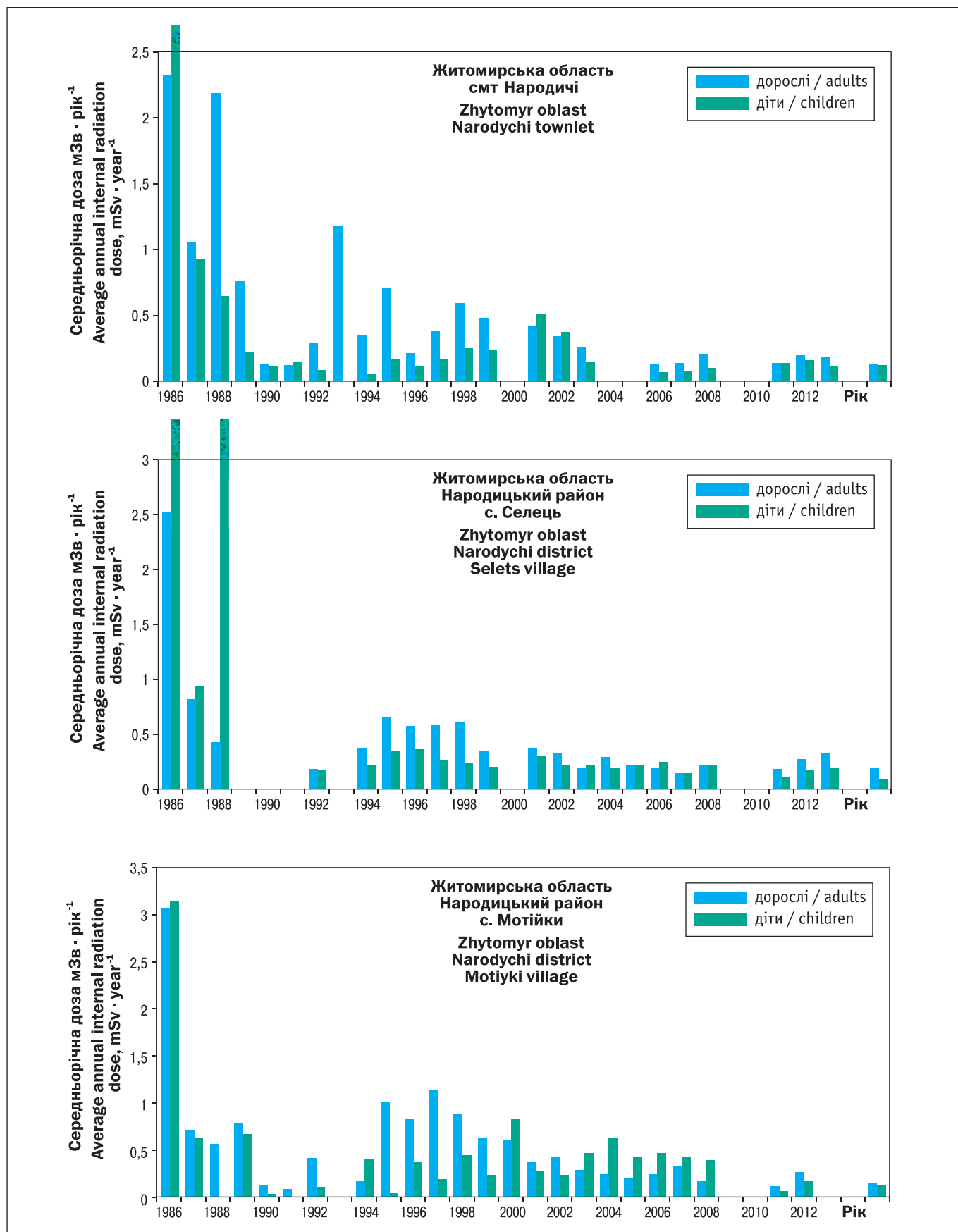


Рисунок 1. Динаміка доз внутрішнього опромінення, обумовлених інкорпорацією ¹³⁷Cs у мешканців НП Народицької ОТГ Житомирської області

Figure 1. Dynamics of internal radiation doses determined with a content of ¹³⁷Cs in residents of settlements in Narodychi district of Zhytomyr oblast



Рисунок 2. Проведення ЛВЛ-вимірювань у с/т Народичі Народичької ОТГ Житомирської області у 2021 р.

Figure 2. Conducting WBC measurements in Narodychi, Narodychi district of Zhytomyr oblast in 2021

ють дитячий садок у Заліссі, із сс. Радча, Нова Радча, Стара Радча – у Радчі, із сс. Базар, Рудня Базарська – у Базарі, із с. Селець – в Народичах.

Визначення вмісту інкорпорованого радіоцезію виконано шляхом прямого вимірювання на лічильнику випромінювання людини (ЛВЛ) «Скриннер-3М» (виробництво ІНЕКО, м. Київ) № 153 мобільного типу безпосередньо за місцем проживання обстежуваних осіб у Народичькій ОТГ Житомирської області (рис. 2). Проведення калібрування комплексу, вимірювань та розрахунки результатів здійснюються за єдиною в Україні методикою, розробленою в ННЦРМ [6–8].

Наступна задача дослідження чинників формування доз внутрішнього опромінення населення РЗТ – визначення та аналіз забруднення радіонуклідами основних продуктів харчування та рівнів їх споживання [9, 10] У червні 2021 року в рамках проведення комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу було зібрано 44 проби молока, 45 проб картоплі, 38 проб продуктів дикої природи у мешканців с/т Народичі, сс. Селець, Мотійки, Христинівка, Залісся, Давидки, Радча, Нова Радча, Стара Радча, Грезля, Базар, Рудня-Базарська.

Опитування щодо особливостей та рівнів споживання продуктів харчування було проведено за складеними нами у попередні роки формалізованими анкетами [10]. Опитано 220 осіб – 175 дорослих і 45 дітей.

Вимірювання вмісту ^{137}Cs у пробах продуктів проводили на гамма-спектрометрі SILENA. Для визначення вмісту радіонукліда у пробах молока та картоплі використовували посудину Марінееллі ємністю 1 літр. Для визначення вмісту радіонукліда у пробах грибів використовували 100 г продукту та проводили вимірювання в геометрії Дента. Особливу увагу було приділено визначенню вмісту ^{90}Sr у

from Radcha, Nova Radcha, Stara Radcha – in Radcha, from Bazar, Rudnya Bazarska – in Bazar, from the village Selets – in Narodychi.

Determination of the incorporated radiocesium content was performed by direct measurement on the whole-body-counter (WBC) «Skinner-3M» (manufactured by INECO, Kyiv) No. 153 of the mobile type directly at the place of residence of the examined persons in the Narodychi district of Zhytomyr oblast (Fig. 2). Calibration of the complex, measurements and calculations of the results are carried out according to the only method in Ukraine, developed in NRCRM [6–8].

The next task of the study on the factors of internal radiation doses formation of the population on the RCT is to determine and analyze the radionuclide contamination of the main food products and their consumption levels [9, 10]. In June 2021, as part of complex radiation and hygiene monitoring, 44 samples of milk, 45 samples of potatoes, 38 samples of wild nature products were gathered from residents of Narodychi, Selets, Motiyki, Khrystynivka, Zalissyia, Davydky, Radcha, Nova Radcha, Stara Radcha, Grezlya, Bazar, Rudnya Bazarska.

The survey on the characteristics and levels of food consumption was conducted according to formalized questionnaires compiled by us in previous years [10]. 220 people were interviewed – 175 adults and 45 children.

Measurement of the content of ^{137}Cs in product samples was carried out on a SILENA gamma spectrometer. A Marinelli vessel with a capacity of 1 liter was used to determine the content of radionuclides in milk and potato samples. To determine the radionuclide content in mushroom samples, 100 g of the product was used and measurements were made in Dent's geometry. Particular attention was paid to the determination of

продуктах харчування, тому що з часом внесок від радіостронцію в сумарну дозу внутрішнього опромінення зростає. Вимірювання вмісту ^{90}Sr в продуктах харчування проводили на бета-спектрометрі СЭБ-01 [11]. Пробопідготовка для вимірювань вмісту ^{90}Sr проводилась відповідно до методичних рекомендацій [12].

Вимірювання потужності дози зовнішнього опромінення проводили відповідно до вимог інструктивно-методичних документів [13, 14] методом пішохідної γ -зйомки. Для досліджень використовувався дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати ЛВЛ-моніторингу в обстежених НП Народицької ОТГ у червні 2021 р. приведені в табл. 1.

Середній вміст ^{137}Cs у дорослих мешканців обстежених НП лежить у межах від 1,6 кБк у с. Нова Радча до 6,3 кБк у с. Рудня Базарська. Найвищі рівні вмісту інкорпорованого ^{137}Cs зареєстровано у дорослих мешканців сс. Рудня Базарська (6,3 кБк) та Христинівка (4,3 кБк). Трохи менші показники у смт Народичі (3,6 кБк) та сс. Селець (2,9 кБк) і Мотійки (2,6 кБк). У сс. Давидки, Базар та Радча середнє значення становить 2,4 кБк, 2,2 кБк та 2,2 кБк відповідно. Максимально зареєстроване значення вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих становить 66,9 кБк, що формує річну дозу внутрішнього опромінення $1,8 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ (сmt. Народичі). Максимально зареєстроване значення вмі-

the content of ^{90}Sr in food products due to the fact that the contribution of radiostrontium to the total dose of internal radiation increases over time. Measurement of the content of ^{90}Sr in food products was carried out on a SEB-01 beta spectrometer [11]. Sample preparation for measuring the content of ^{90}Sr was carried out in accordance with methodical recommendations [12].

Measurements of the dose of external radiation were carried out in accordance with the requirements of instructional and methodological documents [13, 14] by the method of on foot γ -surveying. The MKS-05 «TERRA» dosimeter-radiometer was used for the research.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of WBC monitoring in the examined settlements of Narodychi district in June 2021 are shown in Table 1.

The average content of ^{137}Cs in adult residents of the examined settlements ranges from 1.6 kBq in the village Nova Radcha, up to 6.3 kBq in the village Rudnya Bazarska. The highest levels of incorporated ^{137}Cs content were registered in adult residents of Rudnya Bazarska (6.3 kBq) and Khrystynivka (4.3 kBq). The indicators are slightly lower in the town of Narodychi (3.6 kBq) and Selets (2.9 kBq) and Motiyki (2.6 kBq). In villages Davydky, Bazar and Radcha the average is 2.4 kBq, 2.2 kBq and 2.2 kBq, respectively. The maximum registered value of incorporated ^{137}Cs content in adults is 66.9 kBq, which forms an annual dose of internal radiation of $1.8 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ (Narodychi). The maximum regis-

Таблиця 1

Результати ЛВЛ-моніторингу інкорпорованого ^{137}Cs у дорослого населення обстежених населених пунктів Народицької ОТГ у 2021 р.

Table 1

Results of WBC monitoring of incorporated ^{137}Cs in the adult population of the surveyed settlements of the Narodychi district in 2021

Населені пункти Settlements	Кількість обстежених Number of examinees	Вміст ^{137}Cs , кБк / Content ^{137}Cs , kBq				Доза*, мЗв · рік ⁻¹ Dose*, mSv · year ⁻¹	
		середнє значення average value	медіана median	90% квантиль 90% quantile	макс. значення max. value	середнє значення average value	макс. значення max. value
Народичі / Narodychi	171	3,6 ± 6,1	2,0	8,1	66,9	0,097	1,829
Селець / Selets	40	2,9 ± 2,0	2,5	6,0	8,0	0,085	0,254
Мотійки / Motiyki	37	2,6 ± 2,4	1,8	6,0	12,2	0,079	0,486
Залісся / Zalissyа	49	1,9 ± 2,7	1,2	3,9	18,7	0,055	0,505
Давидки / Davydky	24	2,4 ± 1,5	2,0	4,6	5,7	0,074	0,177
Базар / Bazar	50	2,2 ± 2,2	1,6	5,4	8,6	0,063	0,225
Рудня Базар. / Rudnya Bazar.	8	6,3 ± 6,3	3,3	26,9	17,7	0,17	0,41
Радча / Radcha	53	2,2 ± 1,4	1,9	4,4	6,5	0,064	0,194
Нова Радча / Nova Radcha	7	1,6 ± 0,6	1,6	3,0	2,6	0,041	0,064
Христинівка / Khrystynivka	6	4,3 ± 4,3	2,4	20,0	12,5	0,149	0,442

ту інкорпорованого ^{137}Cs у дітей становить 13,9 кБк, що формує річну дозу внутрішнього опромінення 0,5 мЗв · рік⁻¹ (сmt Народичі).

На рис. 3. представлено статистичний розподіл вмісту радіоцезію у дорослого населення обстежених НП.

tered value of incorporated ^{137}Cs content in children is 13.9 kBq, which forms an annual dose of internal radiation of 0.5 mSv · year⁻¹ (Narodychi).

Figure 3 shows the statistical distribution of radiocesium content in the adult population of the examined settlements.

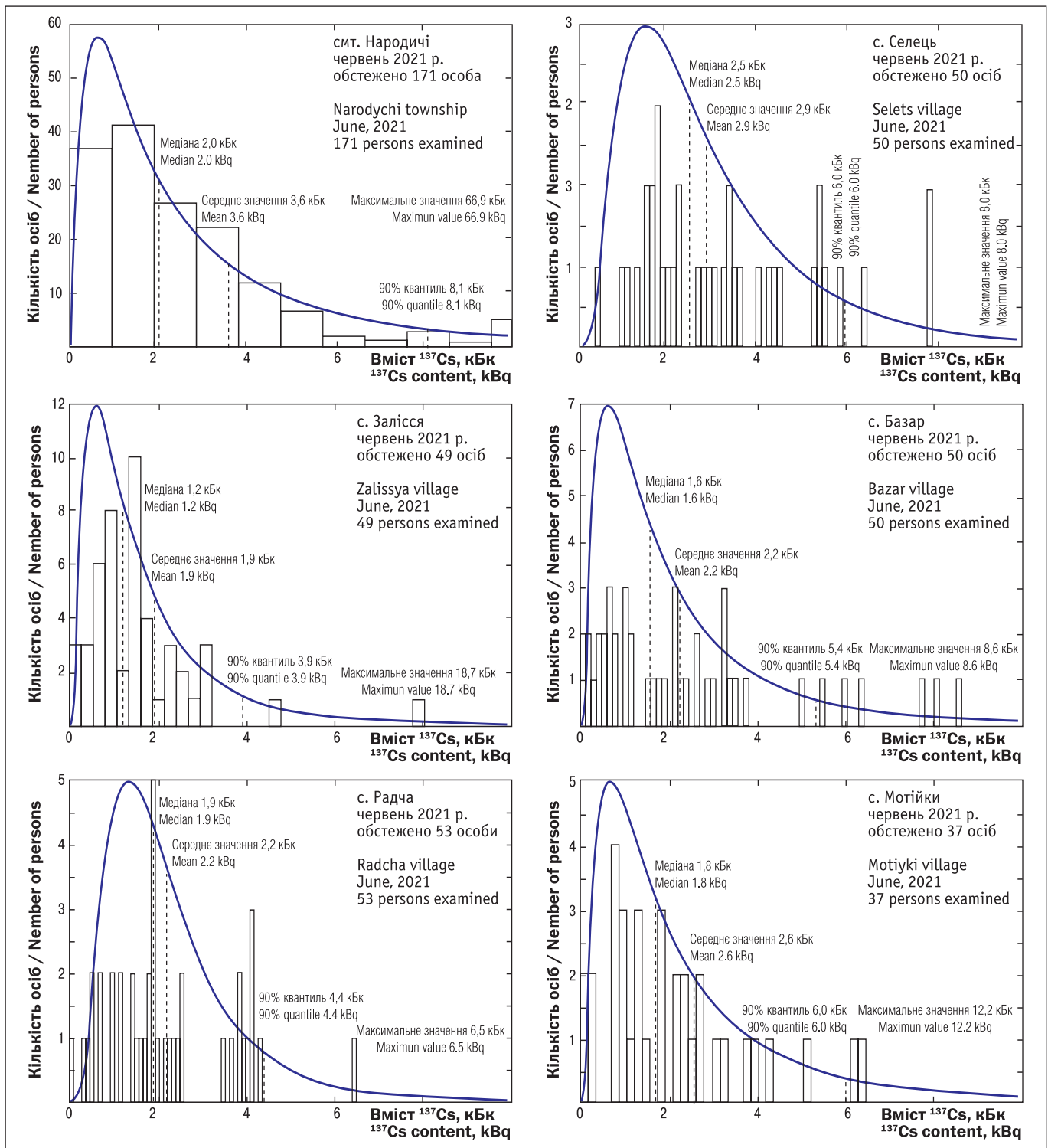


Рисунок 3. Статистичний розподіл вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих мешканців обстежених населених пунктів Житомирської області у червні 2021 р.

Figure 3. Statistical distribution of incorporated ^{137}Cs content in adult residents of the surveyed settlements of the Zhytomyr oblast in June 2021

Характер статистичного розподілу індивідуальних рівнів внутрішнього опромінення у всіх НП (рис. 3.) свідчить про значну нерівномірність рівнів внутрішнього опромінення у мешканців одного й того ж НП. Всі вони мають довгий затягнутий правий «хвіст», що пояснюється наявністю певної частини мешканців з вмістом радіоцезію, що значно вищий, ніж у інших жителів цього НП.

У 2021 р. у Народицькому ОТГ було проведено 478 ЛВЛ-вимірювань у дорослих та 167 – у дітей. Це дало можливість дослідити вікові особливості формування доз внутрішнього опромінення у цьому регіоні. Питомий вміст інкорпорованого радіоцезію у дорослих та дітей представлено у табл. 2.

У результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що середні по ОТГ рівні опромінення дорослих вищі, ніж дітей – у 2,7 рази. Така велика різниця може пояснюватися особливістю вибірки. На жаль, нам вдалося обстежити небагато дітей через те, що експедицію було організовано у червні, коли вже почалися шкільні канікули. Дитячий контингент представлений здебільшого дітьми молодшого віку, оскільки діти старшого віку були активно задіяні на домашніх сільсько-господарських роботах.

Для дослідження статевих особливостей формування доз внутрішнього опромінення проаналізовано результати ЛВЛ-вимірювань усіх дорослих мешканців обстежених НП (табл. 3).

Середні рівні опромінення чоловіків вищі, ніж жінок у 1,8 рази, що, очевидно, пов'язано з більшою питомою масою м'язової тканини у чоловіків та раціоном харчування з більшою часткою продуктів дикої природи, ніж у жінок.

Дослідження професійних особливостей формування дози внутрішнього опромінення мешканців Народицького району показали, що найбільші рівні опромінення серед обстежених зареєстровано у групі непрацюючого населення ($0,117 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) та працівників лісового господарства ($0,095 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), потім у пенсіонерів ($0,079 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$), а найнижчі – у робітників ($0,072 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) та службовців ($0,052 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$). Тобто, найнижчі дози внутрішнього опромінення має працююче населення, очевидно через більшу купівельну спроможність і, відповідно, можливість забезпечити у своєму раціоні більшу частку продуктів з торгової мережі, ніж з власного домогосподарства і продуктів дикої природи.

На рис. 4. представлено зареєстровану нами динаміку середніх рівнів внутрішнього опромінення

The nature of the statistical distribution of internal radiation individual levels in all settlements (Fig. 3.) indicates significant unevenness of internal radiation levels among residents of the same settlement. All of them have a long elongated right «tail», which is explained by the presence of a certain part of the inhabitants with a content of radiocesium, which is much higher than that of other inhabitants of this settlement.

In 2021, 478 WBC measurements were carried out in adults and 167 in children at the Narodychi district. This made it possible to investigate the age-specific features of the internal radiation doses formation in this region. The specific content of incorporated radiocesium in adults and children is presented in Table 2.

As a result of the analysis, it can be concluded that the average exposure levels of adults according to district are 2.7 times higher than those of children. Such a large difference can be explained by the peculiarity of the sample. Unfortunately, we were able to examine few children due to the fact that the expedition was organized in June, when the school holidays had already begun. The children's contingent is mainly represented by younger children, as older children were actively involved in household agricultural work.

In order to study the gender characteristics of the formation of internal radiation doses, the results of WBC measurements of all adult residents on the examined settlements were analyzed (Table 3).

Average exposure levels in men are 1.8 times higher than in women, which is apparently due to a higher specific mass of muscle tissue in men and a diet with a higher proportion of wildlife products than in women.

The study of the occupational characteristics of the formation of internal radiation dose of residents in Narodychi district showed that the highest levels of exposure among those surveyed were registered in the group of the non-working population ($0.117 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$) and forestry workers ($0.095 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), then among pensioners ($0.079 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$), and the lowest – among workers ($0.072 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$) and employees ($0.052 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$). That is, the working population has the lowest internal radiation doses, obviously due to greater purchasing power and, accordingly, the opportunity to ensure a greater share of products from the trade network in their diet than from their own household and wildlife products.

Figure 4 shows the dynamics of the average internal exposure levels recorded by us for the residents of four

Таблиця 2

Питомий вміст інкорпорованого ¹³⁷Cs в організмі дорослих та дітей в усіх обстежених НП Народицької ОТГ Житомирської області (об'єднаний масив по ОТГ) у 2021 р.

Table 2

The specific content of incorporated ¹³⁷Cs in the body of adults and children in all surveyed settlements in Narodychi district of Zhytomyr oblast (united array of district) in 2021

Вікова група Age group	Кількість осіб Number of examinees	Питомий вміст ¹³⁷ Cs, Бк · кг ⁻¹ Specific content of ¹³⁷ Cs, Bk · kg ⁻¹				Доза*, мЗв · рік ⁻¹ Dose*, mSv · year ⁻¹	
		середнє значення average value	медіана median	90% квантиль 90% quantile	макс. значення max. value	середнє значення average value	макс. значення max. value
Дорослі / Adults	478	35 ± 50	23	75	806	0,08	1,83
Діти / Children	167	13 ± 26	5	29	224	0,03	0,51

Таблиця 3

Питомий вміст інкорпорованого ¹³⁷Cs в організмі чоловіків і жінок в обстежених НП Народицької ОТГ Житомирської області у 2021 р.

Table 3

Specific content of incorporated ¹³⁷Cs in the body of men and women in the examined settlements in Narodychi district of Zhytomyr oblast in 2021

Статева група Gender group	Кількість осіб Number of examinees	Питомий вміст ¹³⁷ Cs, Бк · кг ⁻¹ Specific content of ¹³⁷ Cs, Bk · kg ⁻¹				Доза*, мЗв · рік ⁻¹ Dose*, mSv · year ⁻¹	
		середнє значення average value	медіана median	90% квантиль 90% quantile	макс. значення max. value	середнє значення average value	макс. значення max. value
Чоловіки / Men	241	45 ± 63	30	93	806	0,103	1,83
Жінки / Women	235	25 ± 29	18	56	214	0,058	0,49

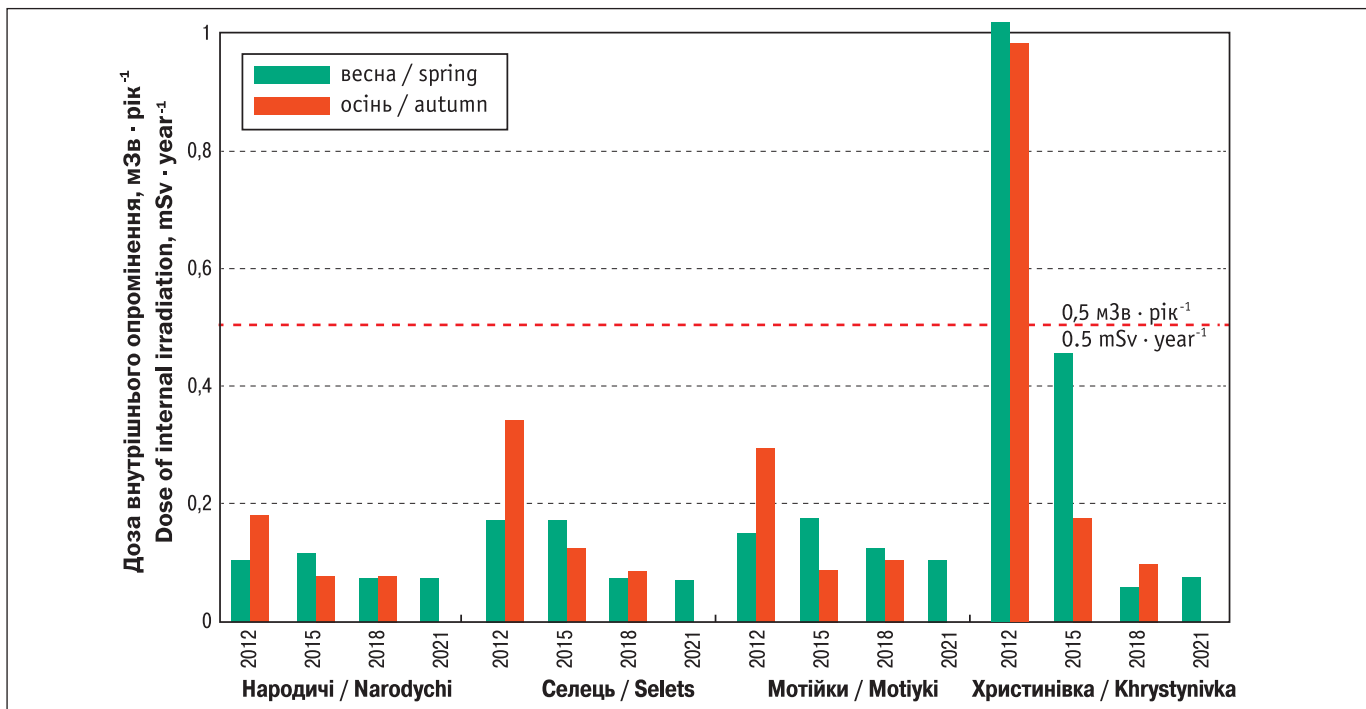


Рисунок 4. Динаміка середніх рівнів внутрішнього опромінення мешканців окремих НП Житомирської області впродовж 2012–2021 рр.

Figure 4. Dynamics of average internal exposure levels of residents of individual settlements of Zhytomyr oblast during 2012–2021

мешканців чотирьох НП, у яких були проведені ЛВЛ-дослідження впродовж 2012–2021 рр.

settlements in which WBC studies were conducted during 2012–2021.

Як видно з рис. 4, дози внутрішнього опромінення, обумовлені інкорпорацією ^{137}Cs , від 2012 року по 2018 рік у мешканців обстежених НП постійно знижуються. Кожні три роки на 30–100 % при нестабільній сезонній динаміці. Винятком є НП Христинівка, у якому зареєстровано різке у 5–6 разів зниження рівнів опромінення кожні 3 роки впродовж 2012–2018 рр. Це може бути пов'язано, з поступовим виїздом значної частини працездатного населення на роботи до районних та обласних центрів.

У 2021 р. зареєстровано незначне зниження рівнів внутрішнього опромінення в усіх обстежених НП в 1,03–1,1 раза порівняно з результатами ЛВЛ-моніторингу 2018 р., що підтверджує попередню динаміку поступового зниження рівнів опромінення на поточному етапі [15–17]. Однак, слід відзначити значне уповільнення такого зниження порівняно з попередніми етапами спостереження (2012–2018 рр.)

За результатами опитування (опитано 220 осіб) 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. Менше населення вживає рибу. В молочному раціоні мешканців обстежених НП переважають місцеві продукти, доля продуктів із держторгівлі зовсім незначна. Щодо продуктів лісового походження, найбільш вживаними місцевими мешканцями є риба з місцевих водойм та компоти з лісових ягід. Слід зазначити, що незважаючи на невеликі значення середньодобового споживання грибів і ягід сушених, саме вони можуть бути найбільш значущим продуктом у формуванні дози внутрішнього опромінення, оскільки є найбільш забрудненими радіонуклідами.

Дослідження продуктів харчування показало, що вміст ^{137}Cs у зібраних пробах молока в усіх обстежених НП, окрім смт Народичі, не перевищує допустимий рівень Гігієнічного нормативу ГН 6.6.1.1-130-2006 (ДР) – $100 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ [18]. Значення вмісту ^{137}Cs варіюється у межах від $3 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ до $41,4 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$. В смт Народичі значення вмісту ^{137}Cs лежать у межах від $3,7 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ до $155,4 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, 42 % проб мають вміст ^{137}Cs , що перевищує ДР.

Результати, представлені в табл. 4 та на рис. 5, показують, що вміст ^{137}Cs у пробах молока з 2012 р. по 2021 р. поступово зменшується.

As can be seen from Fig. 4, the internal radiation doses caused by the incorporation of ^{137}Cs , from 2012 to 2018, are constantly decreasing among the residents of the examined settlements. Every three years by 30–100% with unstable seasonal dynamics. The exception is Khrystynivka settlement, which registered a sharp 5–6 times decrease in radiation levels every 3 years during 2012–2018. This may be related to the gradual departure of a large part of the able-bodied population to work in district and regional centers.

In 2021, a slight decrease in the levels of internal radiation was registered in all examined settlements in the range of 1.03–1.1 times compared to the results of WBC monitoring in 2018, which confirms the previous dynamics of a gradual decrease in exposure levels at the current stage [15–17]. However, it should be noted a significant slowdown of this decrease compared to the previous stages of observation (2012–2018).

According to the results of the survey (220 people were interviewed) regarding the amount of basic food products consumption, both local, from one's own household, and purchased in a retail network, it was established that the most consumed food products of the residents of the surveyed settlements are dairy and vegetable products from the household, and bakery and flour products from the trade network. A smaller population consumes fish. In the dairy diet of the residents of the examined settlements, local products prevail, the share of products from state trade is quite insignificant. As for products of forest origin, the most used by local residents are fish from local reservoirs and compote from forest berries. It should be noted that despite the small values of the average daily consumption of mushrooms and dried berries, they can be the most significant product in the formation of the internal radiation doses, as they are the most contaminated with radionuclides.

The study of food products showed that the content of ^{137}Cs in the collected milk samples in all examined settlements, except for the town of Narodychi, does not exceed the permissible level of the Hygienic Standard GN 6.6.1.1-130-2006 (PL) – $100 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ [18]. The value of the content varies from $3 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ to $41.4 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$. In the town of Narodychi, the value of the content ranges from $3.7 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ to $155.4 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$, 42% of the samples have a content of ^{137}Cs , which exceeds the PL.

The results presented in Table 4 and Fig. 5 show that the content of ^{137}Cs in milk samples from 2012 to 2021 is gradually decreasing.

Таблиця 4

Динаміка середнього вмісту ^{137}Cs у пробах молока в обстежених населених пунктах Народицької ОТГ у 2012–2021 рр.

Table 4

Dynamics of the average content of ^{137}Cs in milk samples in the examined settlements of Narodychi district in 2012–2021

Населений пункт Settlement	Середнє значення вмісту ^{137}Cs , Бк · л ⁻¹ / Average value of ^{137}Cs content, Bq · l ⁻¹						
	2012		2015		2018		2021
	Травень May	Жовтень October	Травень May	Жовтень October	Травень May	Жовтень October	Червень June
Селець / Selets	95,4 ± 57,8	61,3 ± 32,5	77,1 ± 29,0	21,3 ± 4,3	28,7 ± 12,7	36,3 ± 15,8	18,3 ± 2,2
Народичі / Narodychi	123,9 ± 95,8	87,9 ± 74,3	69,0 ± 44,5	34,4 ± 14,3	30,8 ± 32,7	33,0 ± 26,2	68,7 ± 2,2
Мотійки / Motiyki	12,2 ± 5,9	8,1 ± 2,6	16,3 ± 6,5	9,1 ± 4,6	12,7 ± 0,9	21,5 ± 5,6	15,4 ± 2,2

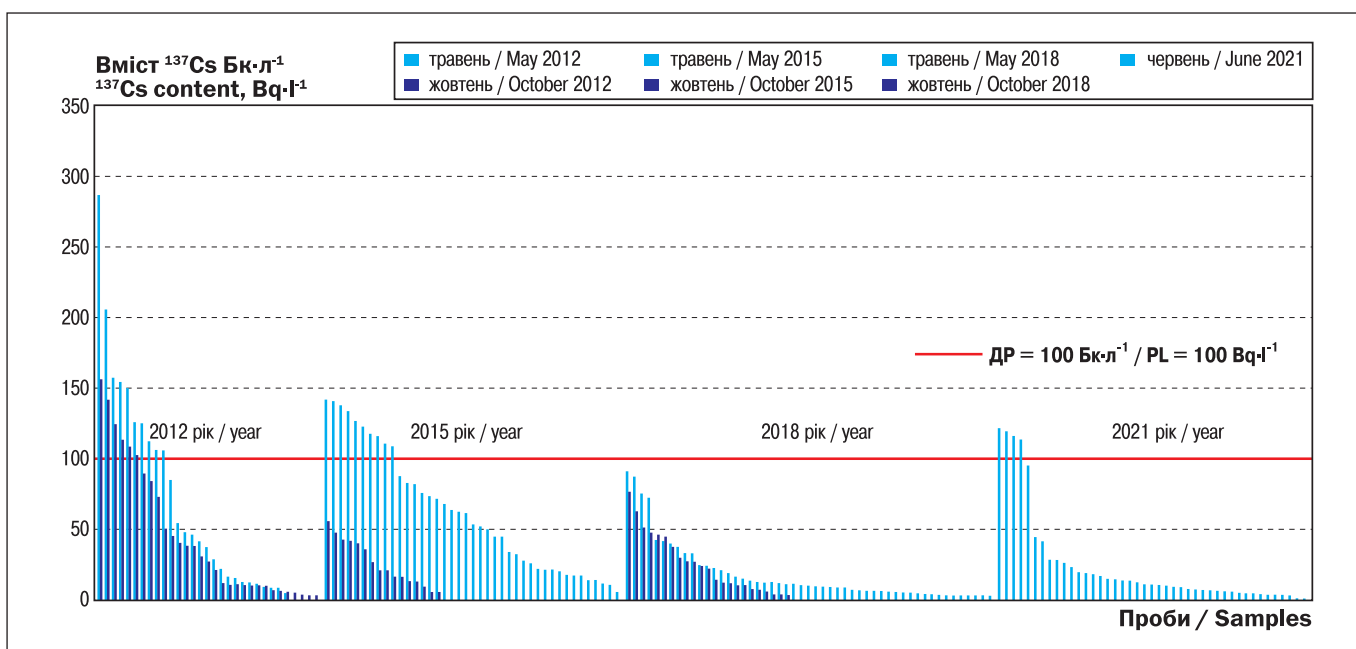


Рисунок 5. Динаміка середнього вмісту ^{137}Cs у пробах молока в обстежених населених пунктах навесні та восени у 2012–2021 рр.

Figure 5. Dynamics of ^{137}Cs content in milk samples in the examined settlements of Narodychi district of Zhytomyr oblast in 2012–2021

У 2012, 2015 роках чітко виражена сезонна залежність забрудненості молока радіоцезієм в усіх НП. З травня по жовтень 2012 року значення середнього вмісту ^{137}Cs у відібраних пробах молока знизилось у 1,4–1,6 раза, у 2015 році – у 2–3,6 раза. Ймовірно, це обумовлено особливістю сінокосів і концентруванням ^{137}Cs у сіні. Цікава ситуація в НП Мотійки, у якому на відміну від двох попередніх НП, спостерігаються невеликі, практично незмінні у межах похибки, значення вмісту ^{137}Cs у молоці, що на нашу думку, пов'язано з якісно проведеними у перші післяаварійні роки профілактичними заходами на полях для випасу худоби та заготівлі сіна.

In 2012 and 2015, the seasonal dependence of radiocesium contamination of milk was clearly expressed in all settlements. From May to October 2012, the value of the average content of ^{137}Cs in the selected milk samples decreased by 1.4–1.6 times, in 2015 – by 2–3.6 times. This is probably due to the peculiarity of haymakers and the concentration of ^{137}Cs in hay. There is an interesting situation in Motiyki settlement, in which, unlike the two previous settlements, there are small, practically unchanged values of ^{137}Cs content in milk, which, in our opinion, are related to the preventive measures carried out in the fields in the first post-accident years for grazing cattle and gathering hay.

І тільки у 2018 році спостерігається достовірне в 1,7 раза підвищення вмісту радіоцезію від травня по жовтень. Підвищення середнього вмісту ^{137}Cs у пробах молока смт Народичі у 2021 р., ймовірно, пов'язане з випасом худоби на забруднених луках.

Слід зробити два важливі висновки щодо забруднення радіонуклідами молока у обстежених НП Народицької ОТГ – по-перше, вміст ^{137}Cs у молоці і через 35 років після аварії все ще може перевищувати, і перевищує у смт Народичі, допустимі рівні, по-друге, як показали дослідження, динаміка нестабільна і потребує подальшого спостереження. На жаль, у цьому році через карантин ми не мали можливості дослідити сезонний чинник.

Другим важливим основним продуктом харчування мешканців Полісся є картопля та овочі. Динаміка середнього вмісту ^{137}Cs у пробах картоплі в обстежених НП Житомирської області у 2012–2021 рр., приведена в таблиці 5 та на рисунку 6, свідчить про зниження вмісту у 2021 р.

В жодній зібраній пробі картоплі та овочів вміст ^{137}Cs не перевищив допустимий рівень $60 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ і лежить у межах від $1,1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ до $9,9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ (рис. 6).

Впродовж 2012–2021 рр. забруднення картоплі радіоцезієм в обстежених НП залишається незмінним у межах похибки. Винятком є значення вмісту ^{137}Cs у весняних пробах картоплі у 2018 р., коли вони значно вищі, ніж у попередні роки та восени 2018 року. Можливо, це пов'язано з тим, що цього року у травні мешканці обстежених НП через недостатній врожай минулого року здали для аналізу посівну картоплю – дрібну та поганої якості, з якої було надзвичайно важко приготувати проби. Через що, можливо, у проби потрапили частинки ґрунту.

And only in 2018, there was a reliable 1.7-times increase in the content of radiocesium from May to October. The increase in the average content of ^{137}Cs in milk samples of the town of Narodychi in 2021 is probably related to livestock grazing on contaminated meadows.

Two important conclusions should be drawn regarding the radionuclide contamination of milk in the examined settlements of Narodychi district – firstly, the ^{137}Cs content in milk and 35 years after the accident can still exceed, and exceeds in Narodychi district, the permissible levels. Secondly, as shown research, the dynamics are unstable and require further monitoring. Unfortunately, due to the quarantine this year, we did not have the opportunity to investigate the seasonal factor.

Potatoes and vegetables are the second important staple food of Polissia residents. The dynamics of the average ^{137}Cs content in potato samples in the examined settlements of the Zhytomyr oblast in 2012–2021, shown in Table 5 and Fig. 6, indicates a decrease in the content in 2021.

In none of the collected samples of potatoes and vegetables, the content of ^{137}Cs did not exceed the permissible level of $60 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ and ranges from $1.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $9.9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Fig. 6).

During 2012–2021, radiocesium contamination of potatoes in the examined settlements remains unchanged within the margin of error. The exception is the value of ^{137}Cs content in spring potato samples in 2018, when they are significantly higher than in previous years and in autumn 2018. Perhaps this is due to the fact that in May of this year, due to the insufficient harvest last year, the residents of the examined settlements submitted seed potatoes for analysis – small and of poor quality, from which it was extremely difficult to prepare samples. Due to which, perhaps, soil particles got into the samples.

Таблиця 5

Динаміка середнього вмісту ^{137}Cs у пробах картоплі в обстежених населених пунктах навесні та восени у 2012–2021 рр.

Table 5

Dynamics of the average ^{137}Cs content in potato samples in the surveyed localities in spring and autumn in 2012–2021

Населений пункт Settlement	Середнє значення вмісту ^{137}Cs , $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ / Average value of ^{137}Cs content, $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$						
	2012		2015		2018		2021
	Травень May	Жовтень October	Травень May	Жовтень October	Травень May	Жовтень October	Червень June
Селець / Selets	$3,0 \pm 1,1$	$7,3 \pm 4,2$	$2,0 \pm 1,0$	$3,0 \pm 1,2$	$17,3 \pm 4,9$	$17,5 \pm 27,5$	$4,4 \pm 2,2$
Народичі / Narodychi	$4,0 \pm 1,4$	$6,8 \pm 2,6$	$3,0 \pm 2,0$	$5,4 \pm 2,3$	$15,7 \pm 2,4$	$3,5 \pm 1,0$	$4,9 \pm 2,2$
Мотійки / Motiyki	$2,8 \pm 4,3$	$4,6 \pm 1,5$	$4,0 \pm 2,0$	$4,2 \pm 1,5$	$20,2 \pm 2,2$	$4,9 \pm 0,3$	$4,1 \pm 2,2$

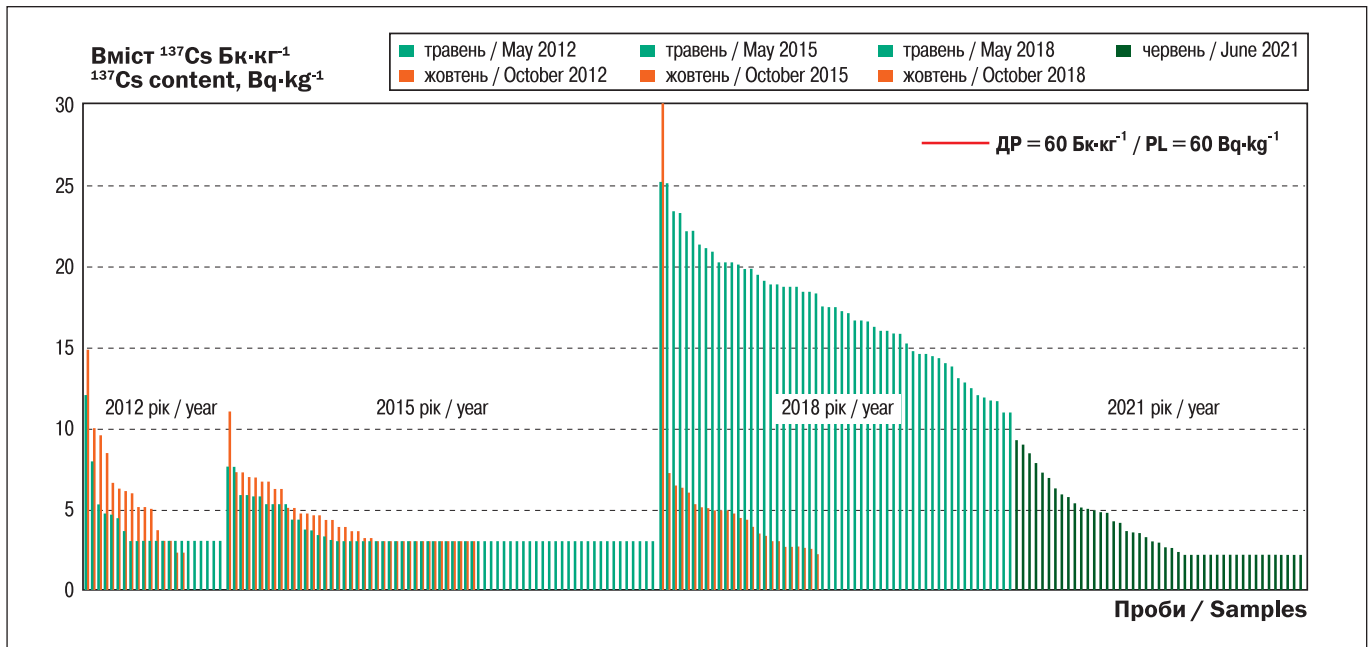


Рисунок 6. Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах картоплі в обстежених населених пунктах Народицького ОТГ Житомирської області у 2012–2021 рр.

Figure 6. Dynamics of ^{137}Cs content in potato samples in the examined settlements of Narodychi district of Zhytomyr oblast in 2012–2021

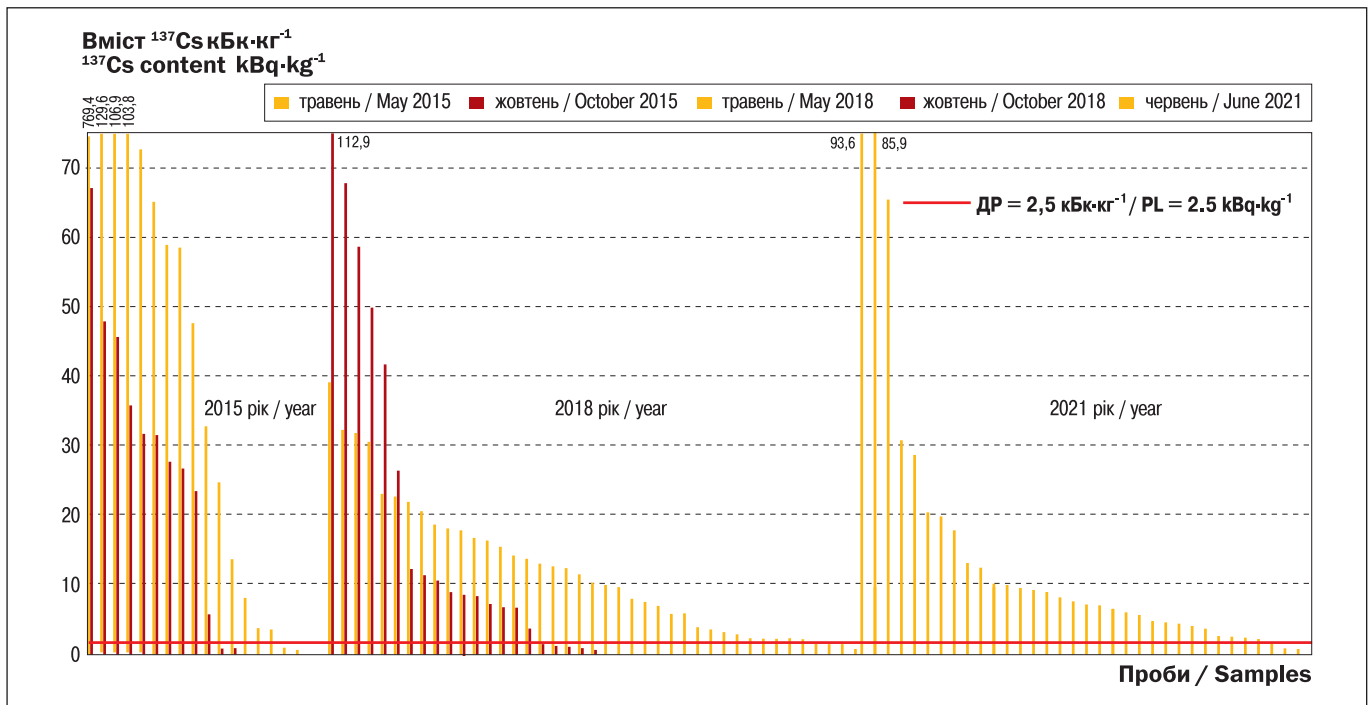


Рисунок 7. Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах сушених лісових грибів, зібраних у мешканців обстежених населених пунктів Житомирської області у 2015–2021 рр.

Figure 7. Dynamics of ^{137}Cs content in samples of dried forest mushrooms collected from residents of surveyed settlements of Zhytomyr oblast in 2015–2021

Дані, приведені на рис. 7, свідчать про високі рівні вмісту ^{137}Cs у пробах грибів сушених.

Вони у десятки разів перевищують допустимий рівень, передбачений Гігієнічним нормативом ГН 6.6. 1. 1-130-2006, $2,5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ [18]. Максимальне за-

The data shown in Fig. 7 indicate high levels of ^{137}Cs content in samples of dried mushrooms.

They are ten times higher than the permissible level stipulated by the Hygienic standard of GN 6.6. 1. 1-130-2006, $2,5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ [18]. The maxi-

реєстроване значення вмісту ^{137}Cs у пробах грибів, зібраних мешканцями у червні 2021 року в Народицькій ОТГ становить $93,6 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, що у 37 разів перевищує допустимий рівень.

Динаміка свідчить, по-перше, про незмінно високі рівні вмісту ^{137}Cs у пробах сушених грибів у місцевих лісах та, по-друге, про велику нерівномірність їх забруднення.

Вміст ^{90}Sr у пробах продуктів не перевищує допустимих рівнів і не може суттєво впливати на формування дози внутрішнього опромінення.

Проведені нами прямі вимірювання потужності дози зовнішнього опромінення в повітрі в НП Народицького ОТГ Житомирської області показали, що радіаційний фон в обстежуваних НП у 2021 р. лежить у межах від $0,10 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ до $0,14 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Розраховані значення річних ефективних доз зовнішнього опромінення населення становлять $266\text{--}347 \text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, що нижче оцінок середніх значень доз зовнішнього опромінення населення колишнього Радянського Союзу у 1981–1985 рр. за рахунок природного радіаційного фону ($300\text{--}650 \text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$) [19–22]. На жаль, отримані нами результати неможливо порівняти зі значеннями доаварійних доз в обстежуваних НП до аварії на ЧАЕС, оскільки в нашому розпорядженні відсутні такі дані. З іншого боку, в обстежених НП зареєстровано високий кореляційний зв'язок (коефіцієнт кореляції становить 0,75) між щільністю радіоактивних випадінь ^{137}Cs після аварії на ЧАЕС та визначеними річними дозами зовнішнього опромінення. Такі результати свідчать про необхідність проведення наукових досліджень щодо натурного визначення фактичних й актуальних на сьогодні значень щільності радіоактивних випадінь.

ВИСНОВКИ

Проведений у 2021 р. комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг 10 НП Народицької ОТГ Житомирської області, показав, що річні ефективні дози опромінення населення в обстежуваних населених пунктах, в поточному році формуються в основному за рахунок доз внутрішнього опромінення і не перевищують $1,82 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у дорослих та $0,51 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у дітей при критерію РЗТ $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

Зареєстровано подальше зниження річних доз внутрішнього опромінення в обстежених НП у 1,1 раза ($0,073 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2018 р. та $0,067 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2021 р.), що підтверджує зареєстровану нами динаміку поступового зниження рівнів опромінення на поточному етапі аварії від 2012 р. Однак, слід

мум registered value of ^{137}Cs content in mushroom samples collected by residents in June 2021 in the Narodychi district is $93.6 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, which is 37 times higher than the permissible level.

The dynamics indicate, firstly, consistently high levels of ^{137}Cs content in samples of dried mushrooms in local forests and, secondly, great unevenness of their contamination.

The content of ^{90}Sr in product samples does not exceed permissible levels and cannot significantly affect the formation of the internal radiation dose.

Our direct measurements of external radiation dose in the air in the Narodychi district settlements of the Zhytomyr oblast showed that the radiation background in the examined settlements in 2021 is within the range of $0.10 \text{ μSv} \cdot \text{h}^{-1}$ to $0.14 \text{ μSv} \cdot \text{h}^{-1}$. The calculated values of annual effective external radiation doses of the population are $266\text{--}347 \text{ μSv} \cdot \text{year}^{-1}$, which is below estimates of the average values of external radiation doses of the former Soviet Union population in 1981–1985 due to the natural radiation background ($300\text{--}650 \text{ μSv} \cdot \text{year}^{-1}$) [19–22]. Unfortunately, the results obtained by us cannot be compared with the values of pre-accident doses in the examined settlements before the accident at the Chernobyl NPP, since we do not have such data at our disposal. On the other hand, a high correlation (correlation coefficient is 0.75) between the density of radioactive fallout of ^{137}Cs after the accident at the Chernobyl nuclear power plant and the determined annual doses of external radiation was registered in the examined settlements. Such results indicate the need for conducting scientific research on the determination of the actual and currently relevant values of the radioactive fallout density.

CONCLUSIONS

In 2021, the comprehensive radiation-hygienic monitoring of 10 settlements in Narodychi district of the Zhytomyr oblast showed that the annual effective doses of population radiation in the surveyed settlements in the current year are formed mainly due to internal radiation doses and do not exceed $1.82 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in adults and $0.51 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in children with the RCT criterion of $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

A further decrease in the annual internal radiation doses in the surveyed settlements was recorded by 1.1 times ($0.073 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in 2018 and $0.067 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in 2021), which confirms the dynamics of a gradual decrease in radiation levels in the current at the stage of the accident from 2012. However, it should be

відзначити значне уповільнення такого зниження порівняно з попередніми етапами спостереження (2012–2018 рр.).

Найбільш забрудненими продуктами в обстежених НП Народицької ОТГ Житомирської області є лісові продукти, особливо гриби, та молоко.

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

Обмежені «врожай» лісових продуктів в останні роки пояснюють загальне зниження рівнів внутрішнього опромінення населення досліджуваних територій на поточному етапі аварії. Водночас зрозуміло, що у багатий на врожай грибів рік, існує велика ймовірність значного підвищення рівнів внутрішнього опромінення за рахунок надходження радіоцезію при їх споживанні.

Аналіз річних ефективних доз зовнішнього опромінення свідчить про необхідність проведення наукових досліджень щодо натурального визначення фактичних, актуальних на сьогодні значень щільності радіоактивних випадіннь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. Василенко В. В. Радіологічні та медичні наслідки Чорнобильської катастрофи. Дози опромінення населення. 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. Київ : КІМ, 2011. С. 116–125.
3. 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 «ННЦРМ НАМН України» ; ІРЗ АТН України. Збірка 14. Київ : [б. в.], 2012. 99 с.
4. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи». 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. Закон України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи». 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. Оценка доз внутреннего облучения населения за счет радиоцезия с использованием счетчиков излучения человека : методические рекомендации / НЦРМ АМН Украины. Киев, 1994. 19 с.

noted a significant slowdown of this decrease compared to the previous stages of observation (2012–2018).

Forest products, especially mushrooms, and milk are the most contaminated products in the examined settlements in Narodychi district of Zhytomyr oblast.

Thus, the main factor that forms the internal radiation dose of the residents in examined settlements of the Zhytomyr oblast remains the entry of ^{137}Cs into the body with products of forest origin and milk.

The limited «harvest» of forest products in recent years explains the general decrease in the levels of internal exposure of the population in the studied territories at the current stage of the accident. At the same time, it is clear that in a year rich in the harvest of mushrooms, there is a high probability of a significant increase in the levels of internal radiation due to the intake of radiocesium during their use.

The analysis of annual effective doses of external radiation indicates the need to carry out scientific research on the field determination of the actual values of the radioactive fallout density that are relevant today.

REFERENCES

1. Likhhtarov IA, Kovgan LM, Chumak W, Vasylenko W, Nechaev SYU. Doses of exposure. In: Serdiuk A, Bebeshko V, Basyka D, Yamashita S, editors. *Health effects of the Chernobyl accident*. Kyiv: DIA; 2011. p. 21-50.
2. Likhhtarov IA, Kovgan LM, Masiuk SV, Chepurny MI, Vasylenko W. Population irradiation doses. In: *Twenty-five years after Chernobyl accident.: Safety for the future. National Report of Ukraine*. Kyiv: KIM; 2011. p. 102-109.
3. Likhhtarov IA, Kovgan LM, et PL. [Integrated dosimetric passportization of settlements of Ukraine exposed to radioactive contamination after the Chernobyl accident. Summarized data for 2001]. Ministry Emergencies of Ukraine; RCRM AMS of Ukraine, RPI ATS of Ukraine. Collection 14. Kyiv; 2012. 99 p. 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%B0-12> (accessed: 02.10.2020). 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/796-12> (accessed: 16.09.2021).
6. [Assessment of doses of internal exposure of population due to radioactive cesium using whole body counters: the methodologi-

7. Проведение измерений с использованием счетчиков излучения человека при дозиметрической паспортизации населенных пунктов Украины : методические рекомендации. Киев : МинЧернобыль Украины ; НЦРМ АМН Украины, 1996. 73 с.
8. 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.
9. 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.
10. 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 та радіобіології*. 2019. Вип. 24. С 93–108.
11. 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.
12. Санітарний контроль за вмістом радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища : методичні рекомендації / під ред. А. Н. Марєя, А. С. Зикової. Москва, 1980. 335 с.
13. Руководство по методам контроля радиоактивности окружающей среды / под ред. И. А. Соболева, Е. Н. Беляева. М. : Медицина, 2002. 432 с.
14. Израэль Ю. А. Инструкция по отбору проб почв при радиационном обследовании загрязнения местности. М. : Межведомственная комиссия, 1987. 7 с.
15. 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 «НЦРМ АМН України» ; кер : Нечаєв С. Ю. ; Київ, 2012. 91 с. № держреєстрації 01110U000172.
16. 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 «НЦРМ АМН України»; кер. : В. В. Василенко, С. Ю. Нечаєв. Київ, 2015. 137 с. № держреєстрації 0113U002324.
17. 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 «НЦРМ АМН України» ; кер. : В. В. Василенко, С. Ю. Нечаєв. Київ, 2018. 232 с. № держреєстрації 0116U002477.
- cal recommendations]. Kyiv: SCRM of AMS of Ukraine; 1994. 19 p. Russian.
7. MinChornobyl of Ukraine; SCRM of AMS of Ukraine. [Carrying out of measurements using whole-body counters for dosimetric certification of settlements in Ukraine: the methodological recommendations]. Kyiv; 1996. 73 p. Russian.
8. Nychayev SU, et PL. [Monitoring of internal radiation doses of population at the late stage of the Chornobyl accident using whole-body counters]. Kyiv: SCRM of AMS of Ukraine; 2010. 24 p. Ukrainian.
9. Homenko IM, Polischuk SV. [Assessment of impact of local food consumption on formation of internal radiation doses in the late period after the Chornobyl disaster]. *Environment Health*. 2014;(2):57-61. Ukrainian.
10. 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
11. Babenko W, Kazimirov OS, Rudik OF. [Activity of beta-emitting radionuclides in counting samples. Measurement technique using scintillation spectrometers and software]. Russian.
12. Marey AN, Zykova AS, editors. [Sanitary control of content of radioactive substances in the environment: guidelines]. Moscow; 1980. 335 p. Russian.
13. Sobolev IA, Byelyeyev YeN, editors. [Guide to methods for radioactivity monitoring in the environment]. Moscow: Medicina Publ; 2002. 432 p. Russian.
14. Izrael YuA. [Instructions for soil sampling during radiation survey of locality contamination]. Moscow : Interdepartmental Commission; 1987. 7 p. Russian.
15. 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 Chornobyl 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.
16. NRCRM NAMS of Ukraine; head of research Vasylenko 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 Chornobyl accident] [Research Report (final) #533]. Kyiv; 2015. 137 p. Ukrainian.
17. SI «NSCRM 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 2016–2018 to assess and clarify the radiation doses of the population] [Final report 572] / Kyiv; 2018. 232 p. № State registration 0116U002477. Ukrainian.
18. [Permissible levels of ^{137}Cs , ^{90}Sr radionuclide content in food: Hygienic standard HS 6.6.1.1-130-2006]. Kyiv, MH of Ukraine; 2006. 22 p. Ukrainian.

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. Бадяев В. В., Егоров Ю. А., Казаков С. В. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. М. : Энергоатомиздат, 1990. 224 с.
20. Булдаков Л. А. Радиоактивные вещества и человек. М. : Энергоатомиздат, 1990. 160 с.
21. Практическое пособие санитарного врача по радиационной гигиене / под ред. М. И. Костецкого. Запорожье : Министерство здравоохранения Украины, Запорожская обласная санитарно-эпидемиологическая станция, 2002. 79 с.
22. Ильин Л. А., Кириллов В. Ф., Коренков И. П. Радиационная гигиена : учебник для вузов. М., 2010. 384 с.
19. Badyayev W, Yegorov YuA, Kazakov SV. [Environmental protection during NPP operation]. Moscow: Energoatomizdat Publ; 1990. 224 p. Russian.
20. Buldakov LA. [Radioactive substances and human]. Moscow: Energoatomizdat Publ; 1990. 160 p. Russian.
21. Kostetskiy MI, editor. [Practical guide for a sanitary doctor on radiation hygiene]. Zaporizhzhya: Ministry of Health of Ukraine, Zaporizhzhya Regional Sanitary and Epidemiological Station; 2002. 79 p. Russian.
- Ilyin LA, Kirillov VF, Korenkov IP. [Radiation hygiene]. University and College Textbook. Moscow; 2010. 384 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 ННЦРМ, м. Київ, Україна

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

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

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

Крамаренко Марія Степанівна – інженер відділення дозиметрії клініки ННЦРМ, м. Київ, Україна

Міщенко Ліна Петрівна – завідувач відділення дозиметрії клініки ННЦРМ, м. Київ, Україна

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

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

Шварцман Володимир Шльомович – інженер лабораторії радіаційної гігієни та моніторингу відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ, Україна

INFORMATION ABOUT AUTHORS

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

Mykola S. Kuriata – Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Viktor V. Morozov – Junior Research Associate of the Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Leonid O. Lytvynets – Candidate of Science, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

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

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

Andrii B. Bilonyk – Head of the laboratory of radiation hygiene and monitoring, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Zinaida S. Man – Engineer of the laboratory of radiation hygiene and monitoring, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Volodymyr S. Schwartzman – Engineer of the laboratory of radiation hygiene and monitoring, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine