

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✉, Г. М. Задорожна, М. С. Курята, Л. О. Литвинець, Д. В. Новак, Н. І. Іскра, Л. П. Міщенко

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

КОМПЛЕКСНИЙ РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ОКРЕМИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2019 РОЦІ

Мета: визначення основних чинників та оцінка їх впливу на формування доз опромінення населення радіоактивно забруднених територій Київської області на поточному етапі аварії на основі проведення комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу в реперних населених пунктах (НП) у 2019 р.

Матеріали і методи. Проведено комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг у восьми НП Київської області – сс. Рагівка, Луговики, Мар'янівка, Зелена Поляна Поліського району та сс. Горностайпіль, Дитятки, Піски, Карпилівка Іванківського району. Було проведено визначення вмісту інкорпорованого ^{137}Cs шляхом прямого вимірювання на лічильниках випромінювання людини (ЛВЛ), зібрано проби основних продуктів харчування для визначення вмісту в них радіонуклідів ^{90}Sr та ^{137}Cs , опитано мешканців щодо рівнів споживання цих продуктів та проведено роботи з оцінки доз зовнішнього опромінення. В роботі використано математичні, дозиметричні, радіохімічні методи.

Результати. Зареєстровано подальше зниження річних доз внутрішнього опромінення в обстежених НП у 1,3 раза, як в Поліському районі ($0,041 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2016 р.; $0,030 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2019 р.), так і в Іванківському районі ($0,023 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2016 р.; $0,018 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у 2019 р.). Можна констатувати уповільнення зниження доз опромінення у порівнянні з попередніми роками: з 2010 по 2013 річні дози внутрішнього опромінення у обстежених НП знизались у 1,8–2,4 раза, з 2013 по 2016 – у 2,3–3,6 раза. Вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у молоці та картоплі в обстежених НП нижчий від допустимого рівня Гігієнічного нормативу ГН 6.6.1.1-130-2006 і вживання цих продуктів харчування не може суттєво впливати на формування дози внутрішнього опромінення. Вміст ^{90}Sr у пробах молока в НП Іванківського району лежить в інтервалі $2,1\text{--}9,9 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ (у 2016 році: $1,3\text{--}7,4 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$), що не перевищує допустимий рівень $20 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, але, зважаючи на динаміку, потребує подальшого моніторингу. Вміст ^{137}Cs у пробах грибів сушених, зібраних у мешканців Київської області у 2019 році, як і в попередні роки, значно (до 100 разів) перевищує допустимий рівень, і має велику невизначеність – від $1,4 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ до $223,7 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Висновки. Встановлено, що річні ефективні дози опромінення населення в обстежуваних НП в поточному році формуються за рахунок доз внутрішнього опромінення, які не перевищують $0,46 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у Іванківському районі та $0,51 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у Поліському районі, що нижче критерію радіоактивно забруднених територій $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Основним фактором, який формує дозу внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Київської області, є надходження ^{137}Cs в організм з лісовими продуктами, насамперед, грибами.

Ключові слова: доза внутрішнього опромінення, доза зовнішнього опромінення, ЛВЛ-моніторинг, ^{137}Cs , ^{90}Sr .

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2020 Вип. 25. С. 188–203. doi: 10.33145/2304-8336-2020-25-188-203

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

V. V. Vasylenko✉, G. M. Zadorozhna, M. S. Kuriata, L. O. Lytvynetz, D. V. Novak, N. I. Iskra, L. P. Mischenko

State Institution «National Research Center for radiation Medicine of the National Academy of medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka str., Kyiv, 04050, Ukraine

COMPREHENSIVE RADIOLOGICAL AND HYGIENIC MONITORING OF PARTICULAR SETTLEMENTS OF KYIV REGION IN 2019

Objective. to identify the main factors and assess their impact on the formation of radiation doses to the population of radioactively contaminated areas of Kyiv region at the current stage of the accident based on complex radiation and hygienic monitoring in the reference settlements in 2019.

Materials and methods. Comprehensive radiological and hygienic monitoring was carried out in eight settlements of Kyiv region – villages of Ragivka, Lygovyky, Mar'yanivka, Zelena Poliana of Poliss'kyi district and villages of Hornostaipil, Dytiatky, Pisky, Karpylivka of Ivankiv district. The content of incorporated ^{137}Cs was determined with direct measurement on whole body counters (WBC) samples of basic foodstuffs were collected to determine the content of radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs , residents were interviewed about the levels of consumption of these products, and work was performed to estimate external radiation doses. Mathematical, dosimetric, radiochemical methods are used in the work.

Results. There was a further decrease in annual doses of internal radiation in the surveyed settlements in 1.3 times, both in Poliss'kyi district ($0.041 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in 2016, $0.030 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in 2019) and in Ivankiv district ($0.023 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in 2016, $0.018 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in 2019). It is possible to state a slowdown in the reduction of radiation doses compared to previous years: from 2010 to 2013, the annual doses of internal radiation in the surveyed settlements decreased by 1.8–2.4 times, from 2013 to 2016 – by 2.3–3.6 times. The content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in milk and potatoes in the inspected settlements is lower than the permissible level of the Hygienic Standard HS 6.6.1.1-130-2006 and the use of these foods can not significantly affect the formation of the internal radiation dose. The content of ^{90}Sr in milk samples in the settlements of Ivankiv district is in the range of $2.1\text{--}9.9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ (in 2016: $1.3\text{--}7.4 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$), which does not exceed the permissible level of $20 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, but due to the dynamics needs further monitoring. The content of ^{137}Cs in samples of dried mushrooms collected from residents of Kyiv region in 2019, as in previous years, is significantly (up to 100 times) higher than permissible level, and has a high uncertainty – from $1.4 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $223.7 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Conclusions. It is established that the annual effective radiation doses of the population in the surveyed settlements in the current year are formed due to internal radiation doses that do not exceed $0.46 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in Ivankiv district and $0.51 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in Poliss'kyi district, which below the RCT criterion $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$. The main factor that forms the dose of internal radiation of the residents of the surveyed state of emergency of Kyiv region is the intake of ^{137}Cs in the body with forest products, primarily mushrooms.

Key words: internal dose, external irradiation; WBC-monitoring, ^{137}Cs , ^{90}Sr .

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2020;25:188-203. doi: 10.33145/2304-8336-2020-25-188-203

ВСТУП

Однією з найбільш постраждалих після аварії на ЧАЕС є Київська область – як за площею територій, забруднених радіонуклідами, так і за обсягами населення, яке зазнало радіоактивного опромінення внаслідок викиду радіонуклідів у навколишнє середовище [1, 2]. Згідно із Законом України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» та «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи» [3, 4] підлягали медичному [5, 6] та радіоло-

INTRODUCTION

One of the most affected after the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) accident is the Kyiv region – both in terms of the area contaminated with radionuclides and the volume of the population that has been exposed to radiation due to the release of radionuclides into the environment [1, 2]. According to the Law of Ukraine “On the Legal Regime of the Territory Contained by the Chernobyl Accident” and «On the Status and Social Protection of the Affected Citizens as a result of the Chernobyl disaster» [3, 4], residents

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

гічному контролю мешканці 667 населених пунктів (НП) у 21 районі Київської області [7]. З 1986 р. фахівцями Державної установи «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України» (ННЦРМ) та регіональними установами, задіяними у проведенні індивідуального дозиметричного контролю населення радіоактивно забруднених територій (РЗТ), проводиться постійний моніторинг доз опромінення населення РЗТ Київської області, у тому числі вимірювання на лічильнику випромінювання людини (ЛВЛ) з визначення вмісту інкорпорованих радіонуклідів.

За результатами цих досліджень відзначається нестійка динаміка доз опромінення населення РЗТ Київської області, особливо у північних районах – Вишгородському, Іванківському, Поліському, де частка внутрішнього опромінення є більш значущою. Після зниження річних доз внутрішнього опромінення у 1986–1991 рр. спостерігалось постійне (з 1992 року і до кінця 90-х років) зростання доз внутрішнього опромінення сільського населення внаслідок вживання місцевих продуктів в результаті згорання профілактичних заходів з радіаційного захисту. В окремих НП Київської області середні дози внутрішнього опромінення у цей період перевищили дозовий рівень $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, а індивідуальні сягали $20 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. В останні роки дози внутрішнього опромінення знизились і стабілізувались [8–10]. Однак, як і в минулі роки, дози внутрішнього опромінення населення переважно північних РЗТ Київської області залишаються нестабільними, що потребує контролю та вивчення чинників такої нестабільності.

Дози зовнішнього опромінення населення РЗТ Київської області також потребують оцінки, оскільки розрахунки їх засновані на даних щільності забруднення ґрунтів ^{137}Cs , ^{90}Sr , отриманих у 1991–1992 рр.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є визначення основних чинників та оцінка їх впливу на формування доз опромінення населення РЗТ Київської області на поточному етапі аварії на основі проведення комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу в реперних НП у 2019 р.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У 2019 році було проведено виїзний ЛВЛ-моніторинг восьми НП Київської області у обсязі, достатньому для проведення статистичного аналізу –

of 667 settlements in 21 districts of Kyiv region were subject to medical [5, 6] and radiological control [7]. Since 1986, specialists of the State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» (NRCRM) and regional institutions involved in individual dosimetric control of the population of radioactively contaminated territories (RCT) have been constantly monitoring radiation doses of RCT in Kyiv region, including measurements on a whole body counter (WBC) to determine the content of incorporated radionuclides.

According to the results of these studies, there is an unstable dynamics of radiation doses of the population of RCT of Kyiv region, especially in the northern districts – Vyshhorod, Ivankiv, Poliss'kyi, where the share of internal radiation is more significant. After the reduction of annual internal radiation doses in 1986–1991, there was a constant (from 1992 to the end of the 1990s) increase in internal radiation doses of the rural population due to the consumption of local products due to the curtailment of preventive measures for radiation protection. In some settlements of Kyiv region, the average doses of internal radiation in this period exceeded the dose level of $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, and individual reached two dozen $\text{mSv} \cdot \text{year}^{-1}$. In recent years, internal radiation doses have decreased and stabilized [8–10]. However, as in previous years, the doses of internal radiation of the population of mostly northern RCTs of Kyiv region remain unstable, which requires control and study of the factors of such instability.

Doses of external irradiation of the population of RCT of Kyiv region also need to be estimated, as their calculations are based on the data of soil pollution density ^{137}Cs , ^{90}Sr , obtained in 1991–1992.

OBJECTIVE

The aim of this study is to determine the main factors and assess their impact on the formation of radiation doses to the population of RCT Kyiv region at the current stage of the accident on the basis of comprehensive radiation and hygienic monitoring in the reference settlements in 2019.

MATERIALS AND METHODS

In 2019, on-site WBC-monitoring of eight settlements of Kyiv region was conducted in the amount sufficient for statistical analysis – villages of

сс. Рагівка, Луговики, Мар'янівка, Зелена Поляна Поліського району та сс. Горностайпіль, Дитятки, Піски, Карпилівка Іванківського району. Усі вони – сільського типу і розташовані поблизу лісових масивів, а села Карпилівка, Піски, Дитятки знаходяться безпосередньо біля лісу. Вимірювання проведені на ЛВЛ «Скриннер-3М» (виробництво ІНЕКО, м. Київ) мобільного типу (метрологічне свідоцтво про державну повірку № 26–01/0176 від 15.03.2019 р., видане ДП «Укрметртестстандарт») безпосередньо за місцем проживання обстежуваних у Поліському та Іванківському районах. Калібрування приладів, вимірювання та розрахунки результатів виконано за єдиною в Україні методикою, розробленою в ННЦРМ [11–13]. Усього було досліджено 560 осіб (227 – дорослі, 333 – діти).

Окрім того було зібрано проби основних продуктів харчування та проведено їх вимірювання на вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr . Всього було зібрано 29 проб молока, 39 проб овочів та 24 проби продуктів лісу.

Вимірювання вмісту ^{137}Cs у пробах продуктів проводили на гамма-спектрометрі SILENA (метрологічне свідоцтво про державну повірку № 4786 від 18.07.2018, видане ННЦ «Інститут метрології», м. Харків). 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 у геометрії Дента. Особливу увагу було приділено визначенню вмісту ^{90}Sr у продуктах харчування, через те, що з часом внесок від радіостронцію у сумарну дозу внутрішнього опромінення зростає. Вимірювання вмісту ^{90}Sr в продуктах харчування проводили на бета-спектрометрі СЭБ-01 Інституту радіаційного захисту Академії технологічних наук України (ІРЗ) (метрологічне свідоцтво про державну повірку № П 20 ІР 058033 19 від 06.06.2019, видане ДП «Київоблстандартметрологія», м. Біла Церква). Пробопідготовка для вимірювань вмісту ^{90}Sr на бета-спектрометрі СЭБ-01 проводилась співробітниками лабораторії радіаційної гігієни та моніторингу Інституту радіаційної гігієни та епідеміології (ІРГЕ) наступним чином [14]: молоко упарювали до сухого залишку, і потім прожарювали при температурі 600 °С; рослинні продукти зневоднювали у сушильній шафі при температурі 120 °С і далі прожарювали при температурі 600 °С. Далі проби золи переносили у спеціальну кювету

Ragivka, Lygovyky, Mar'yanivka, Zelena Poliana of Polis'kyi district and villages of Hornostaipil, Dytiatky, Pisky, Karpylivka of Ivankiv district. All of them are of the rural type and are located near forests, and the villages of Karpylivka, Pisky, and Dytiatky are located right next to the forest. Measurements were performed at WBC «Screenner-3M» (manufactured by INECO, Kyiv) of mobile type (metrological certificate of state verification № 26-01 / 0176 dated 15.03.2019, issued by SE «Ukrmetrtteststandard») directly at the place of residence of the surveyed in Polis'kyi and Ivankiv districts. Calibration of instruments, measurement and calculation of results were performed according to the only in Ukraine method developed in NRCRM [11–13]. A total of 560 people were studied (227 – adults, 333 – children).

In addition, samples of basic foodstuffs were collected and measured for ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides. A total of 29 samples of milk, 39 samples of vegetables and 24 samples of forest products were taken.

Measurements of ^{137}Cs content in product samples were performed on a SILENA gamma spectrometer (metrological certificate of state verification № 4786 dated July 18, 2018, issued by NSC «Institute of Metrology», Kharkiv). To determine the radionuclide content in milk and potato samples, a 1 liter Marinelli vessel was used. To determine the radionuclide content in fungal samples, 100 g of product were used and measurements were made in the «Denta» geometry. Particular attention has been paid to the determination of ^{90}Sr in food, due to the fact that over time the contribution of radiostrontium to the total dose of internal radiation increases. Measurement of ^{90}Sr content in food was performed on a beta spectrometer SEB-01 of the Institute of Radiation Protection of the Academy of Technological Sciences of Ukraine (IRP) (metrological certificate of state verification № P 20 IR 058033 19 dated 06.06.2019, issued by SE «Kyivoblstandartmetrologiya», Bila Tserkva). Sample preparation for measurements of ^{90}Sr content on the beta spectrometer SEB-01 was performed by the staff of the Laboratory of Radiation Hygiene and Monitoring of the Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology (IRHE) as follows [14]: milk was evaporated to dryness and then calcined at 600 °С; plant products were dehydrated in an oven at a temperature of 120 °С and then calcined at a temperature of 600 °С. Next, the ash samples were transferred to a special cuvette and transferred to

і передавали в ІРЗ для вимірювання на бета-спектрометрі СЭБ-01.

Для визначення особливостей господарювання, харчування та рівнів споживання харчових продуктів було опитано 170 осіб (125 – дорослі, 45 – діти) на основі складених нами формалізованих анкет.

Визначення дози зовнішнього опромінення виконано на основі результатів прямих вимірювань потужності дози зовнішнього опромінення в повітрі (ПЕД). Вимірювання проводили відповідно до вимог інструктивно-методичних документів [15, 16] методом пішохідної γ -зйомки. Для досліджень використовували дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА». Діапазон вимірювань ПЕД від 0,1-10000 мкЗв · год⁻¹ (свідоцтво про повірку № 26-01/0552 видане ДП «Укрметртестстандарт» 02.08.2018 р).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати моніторингу вмісту інкорпорованого ¹³⁷Cs у дорослих сс. Рагівка, Луговики, Мар'янівка, Зелена Поляна Поліського району та сс. Горностаїпіль, Дитятки, Піски, Карпилівка Іванківського району у травні 2019 р. приведені в таблиці 1.

Як видно з представлених вище результатів, середній вміст інкорпорованого ¹³⁷Cs у дорослих мешканців Поліського району варіює у межах від 0,9 кБк у с. Луговики до 1,7 кБк у сс. Рагівка, Мар'янівка, і відповідно середні дози внутрішнього опромінення від 0,25 мЗв · рік⁻¹ у с. Луговики до

the IRP for measurement on a beta spectrometer SEB-01.

To determine the characteristics of farming, nutrition and levels of food consumption, 170 people were interviewed (125 – adults, 45 – children) on the basis of our formalized questionnaires.

The determination of the external radiation dose was performed on the basis of the results of direct measurements of the external radiation dose rate in the air (DER). Measurements were performed according to the requirements of instructional and methodological documents [15, 16] by the method of pedestrian γ -survey. The TERRA ISS-05 dosimeter-radiometer was used for research. DER measurement range from 0.1–10000 μ Sv · year⁻¹ (verification certificate № 26-01/0552 issued by Ukrmetrtteststandart on August 2, 2018).

RESULTS AND DISCUSSIONS

The results of monitoring the content of incorporated ¹³⁷Cs of adult in the villages of Ragivka, Lygovyky, Mar'yanivka, Zelena Poliana of Poliss'kyi district and villages of Hornostaipil, Dytiatky, Pisky, Karpylivka of Ivankiv district in May 2019 are given in table 1.

As can be seen from the above results, the average content of incorporated ¹³⁷Cs in adult residents of Poliss'kyi district varies from 0.9 kBq in the Lygovyky village up to 1.7 kBq in Ragivka, Mar'yanivka villages, and accordingly the average doses of internal irradiation from 0.25 mSv · year⁻¹ in the Lygovyky village up

Таблиця 1

Результати моніторингу вмісту інкорпорованого ¹³⁷Cs у дорослого населення обстежених населених пунктів Київської області у травні 2019 році

Table 1

The results of monitoring the content of incorporated ¹³⁷Cs in the adult population of the surveyed settlements of Kyiv region in May 2019

Населений пункт	К-сть обстежених	Вміст інкорпорованого ¹³⁷ Cs, кБк				Доза*, мЗв · рік ⁻¹	
		середнє значення	медіана	90 % квантиль	макс.	середнє значення	макс.
Settlement	Examined people	Incorporated ¹³⁷ Cs, kBq				Dose*, mSv · year ⁻¹	
		mean	median	90 % quantile	max.	mean	max.
Рагівка / Ragivka	37	1,7 ± 3,0	0,6	5,0	12,9	0,055	0,456
Луговики / Lygovyky	14	0,9 ± 0,5	0,7	1,9	1,84	0,025	0,049
Зелена Поляна / Zelena Poliana	25	1,6 ± 2,3	0,9	3,6	11,9	0,044	0,293
Мар'янівка / Mar'yanivka	30	1,7 ± 2,2	0,5	3,0	10,6	0,046	0,285
Піски / Pisky	19	0,7 ± 0,8	0,5	1,9	3,1	0,024	0,111
Карпилівка / Karpylivka	17	2,0 ± 3,2	1,2	4,5	14,6	0,069	0,510
Оране / Orane	6	1,3 ± 0,4	1,2	2,1	1,9	0,038	0,067
Дитятки / Dytiatky	26	0,4 ± 0,4	0,2	1,3	1,3	0,012	0,039
Горностаїпіль / Hornostaipil	42	0,5 ± 0,6	0,2	1,3	3,3	0,013	0,076

Примітка. * – річна доза внутрішнього опромінення розрахована за результатами ЛВЛ-вимірювань [11–13].
Note. * – internal radiation dose calculated based on the all WBC measurements [11–13].

0,55 мЗв · рік⁻¹ у с. Рагівка. Середній вміст інкорпорованого ¹³⁷Cs у мешканців Іванківського району менший, ніж у мешканців Поліського району і варіює у межах від 0,4 кБк у с. Дитятки до 2,0 кБк у с. Карпилівка, і відповідно середні дози внутрішнього опромінення від 0,12 мЗв · рік⁻¹ у с. Дитятки та 0,13 мЗв · рік⁻¹ у с. Горностайпіль до 0,69 мЗв · рік⁻¹ у с. Карпилівка.

Розподіл індивідуальних рівнів інкорпорованого радіоцезію мешканців обстежених НП (рис. 1) свідчить про те, що переважна більшість мешканців мають невеликий вміст цього радіонукліду. Медіана становить 0,5–0,9 кБк у НП Поліського району і 0,2–1,2 кБк у НП Іванківського району, а 90 % квантиль не перевищує 5 кБк і 4,5 кБк у с. Рагівка Поліського району і у с. Карпилівка Іванківського району, відповідно.

Річні ефективні дози внутрішнього опромінення населення в обстежуваних населених пунктах у 2019 році не перевищили 0,46 мЗв · рік⁻¹ у Іванківському районі та 0,51 мЗв · рік⁻¹ у Поліському районі, що нижче критерію РЗТ 1 мЗв · рік⁻¹. Однак, зважаючи на те, що мешканці неохоче афішують свої лісові продукти, а ті, хто ходить до лісу всупереч забороні, категорично відмовляються пройти ЛВЛ-дослідження, скоріш за все ми не мали можливості зареєструвати випадки найбільших інкорпорацій.

Дози внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Київської області на поточному етапі аварії з року в рік знижувалися. На рис. 2 представлено динаміку доз внутрішнього опромінення меш-

to 0.55 mSv · year⁻¹ in the Ragivka village. The average content of ¹³⁷Cs incorporated in the residents of Ivankiv district is lower than in the residents of Poliss'kyi district varying from 0.4 kBq in Dytyatky village up to 2.0 kBq in Karpylivka village, and accordingly the average doses of internal radiation from 0.12 mSv · year⁻¹ in Dytyatky village and 0.13 mSv · year⁻¹ in Hornostai-pil village up to 0.69 mSv · year⁻¹ in Karpylivka village.

The distribution of individual content of incorporated radiocesium (fig. 1) indicates that the vast majority of inhabitants of the surveyed settlements have low content of it. The median is 0.5–0.9 kBq in the settlement of Poliss'kyi district and from 0.2–1.2 kBq in the settlement of Ivankiv district, and 90 % of the quantiles do not exceed 5 kBq and 4.5 kBq in the village of Ragivka of Poliss'kyi district and in the village of Karpylivka, Ivankiv district, respectively.

Annual effective doses of internal exposure of the population in the surveyed settlements in 2019 did not exceed 0.46 mSv · year⁻¹ in Ivankiv district and 0.51 mSv · year⁻¹ in Poliss'kyi district, which is below the criterion of RCT 1 mSv · year⁻¹. However, as residents are reluctant to advertise their forest products, and those who go to the forest in violation of the ban, flatly refuse to undergo WBC-research, most likely we were not able to register the cases of the largest incorporations.

Doses of internal radiation of the residents of the surveyed state of emergency of Kyiv region at the current stage of the accident were reduced from year to year. Fig. 2 presents the dynamics of internal radiation doses

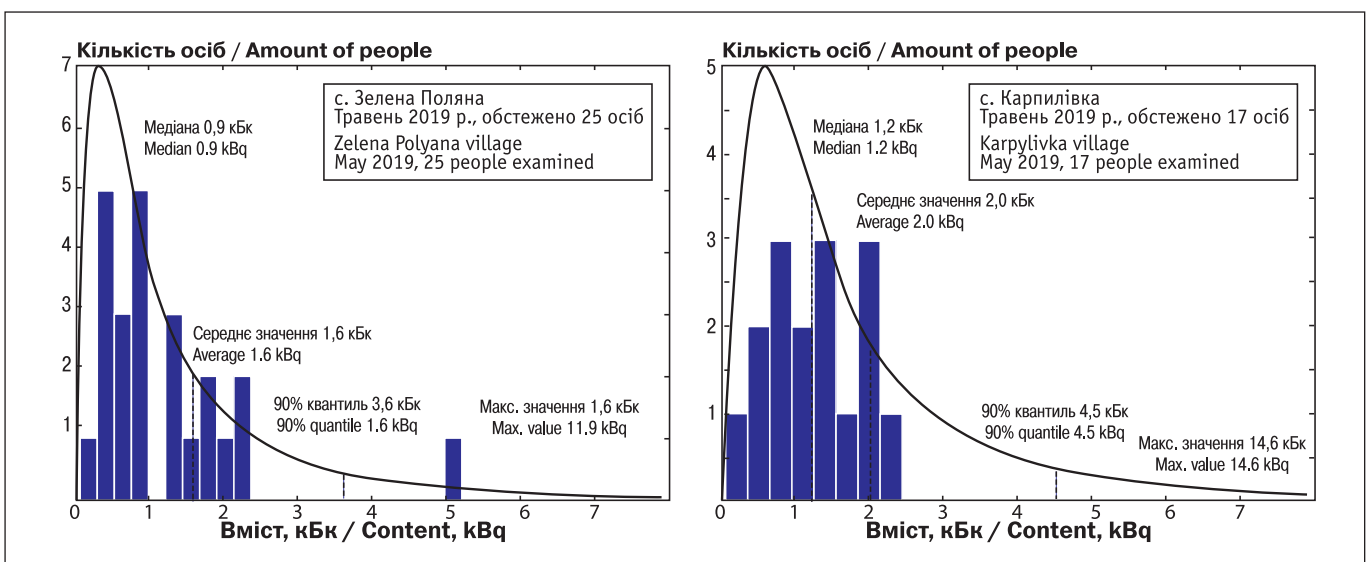


Рисунок 1. Статистичний розподіл вмісту інкорпорованого ¹³⁷Cs у дорослих мешканців с. Зелена Поляна Поліського району та с. Карпилівка Іванківського району у 2019 році

Figure 1. Statistical distribution of ¹³⁷Cs incorporated content in adult residents of Zelena Poliana of Poliss'kyi district and Karpylivka of Ivankiv district in 2019

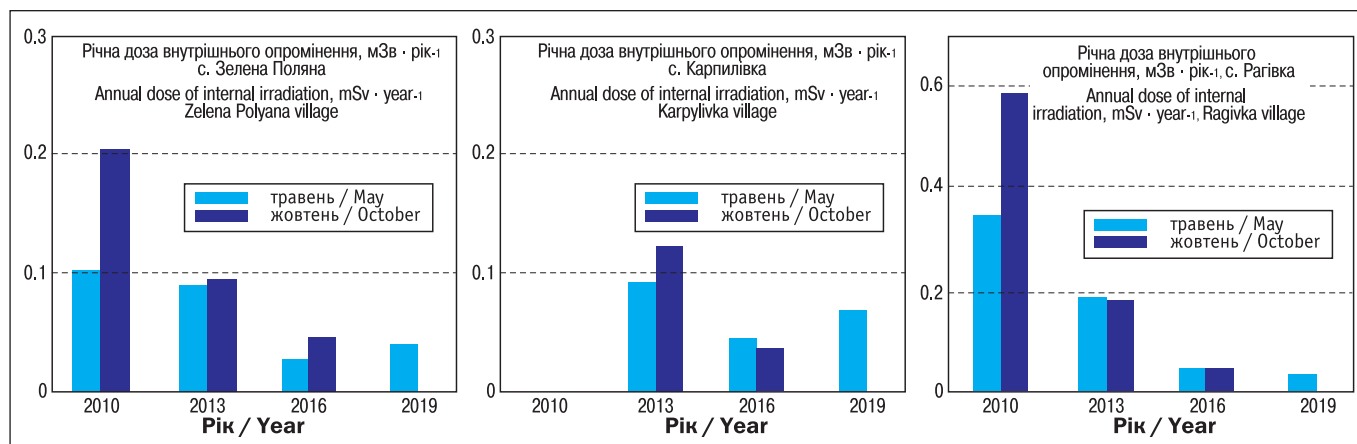


Рисунок 2. Динаміка середніх рівнів внутрішнього опромінення мешканців окремих населених пунктів Київської області впродовж 2010–2019 рр.

Figure 2. Dynamics of average levels of internal exposure of residents of individual settlements of Kyiv region during 2010–2019

канців трьох НП – с. Зелена Поляна та с. Рагівка Поліського району і с. Карпилівка Іванківського району, обраховані за результатами ЛВЛ-вимірювань, виконаних у різні періоди року.

Як видно з рисунка, дози внутрішнього опромінення в усіх представлених на рисунку НП з 2010 року по 2016 рік стрімко знижувались: в 1,8–2,4 раза від 2010 по 2013; в 2,3–3,6 раза – від 2013 по 2016 рік. З 2016 року по 2019 рік у селах Поліського району – Рагівка та Зелена Поляна рівні опромінення змінилися мало. А в с. Карпилівка Іванківського району збільшилися у 1,8 раза, що можна пояснити тим, що село розташоване безпосередньо біля лісу і його мешканці безумовно споживають продукти лісу, які минулого року тут вродили, що дозволило зробити запас на зиму і активно їх споживати. З іншого боку, мешканці села відмічають погіршення купівельної спроможності, що також сприяє збільшенню частки продуктів дикої природи в раціоні харчування.

На жаль, через фінансову неможливість організації другої експедиції (осінньої) не вдалося оцінити сезонний чинник формування дози внутрішнього опромінення, який є надзвичайно важливим при розрахунку дози. У минулі роки, багаті на врожай лісових продуктів, особливо грибів, середній вміст інкорпорованого радіоцезію від травня по жовтень підвищувався до 2 разів.

Динаміка доз внутрішнього опромінення з 2016 року по 2019 рік у всіх восьми обстежених НП по районах та за віковими групами, представлена в таблиці 2, свідчить про подальше зниження річних доз внутрішнього опромінення в обстежених НП – у 1,3 раза, як в Поліському районі (0,041 мЗв · рік⁻¹ у 2016 р.,

of residents of three settlements – Zelena Poliana, Ragivka of Polis'kyi district and Karpylivka of Ivankiv district, calculated based on the results of WBC-measurements performed at different times of the year.

As can be seen from the figure, the doses of internal radiation in all presented in the figure settlements from 2010 to 2016 decreased rapidly: 1.8–2.4 times from 2010 to 2013; 2.3–3.6 times – from 2013 to 2016. From 2016 to 2019 in the villages of Polis'kyi district – Ragivka and Zelena Poliana radiation levels changed little. And, in Karpylivka of Ivankiv district, increased 1.8 times, which can be explained by the fact that the village is located right next to the forest and its inhabitants definitely consume forest products that were grown here last year, which allowed them to stock up for the winter and actively consume them. On the other hand, the villagers note a deterioration in purchasing power, which also contributes to an increase in the share of wildlife in the diet.

Unfortunately, due to the financial impossibility of organizing the second expedition (autumn), it was not possible to estimate the seasonal factor in the formation of the internal radiation dose, which is extremely important when calculating the dose. In recent years, rich in the harvest of forest products, especially mushrooms, the average content of incorporated radiocesium from May to October increased to 2 times.

The dynamics of internal radiation doses from 2016 to 2019 in all eight surveyed settlements by districts and age groups presented in Table 2 indicate a further decrease in annual internal radiation doses in the surveyed settlements – 1.3 times, both in Polis'kyi district (0.041 mSv · year⁻¹ in 2016,

0,030 мЗв · рік⁻¹ у 2019 р.), так і в Іванківському районі (0,023 мЗв · рік⁻¹ у 2016 р., 0,018 мЗв · рік⁻¹ у 2019 р.).

Причому у Поліському районі це зниження відбулось за рахунок дитячого контингенту, у якого дози знизились у 2 рази, на відміну від дорослих, у яких вони зросли в 1,2 раза. У Іванківському районі дози опромінення знизились і у дорослих – у 1,2 раза, і у дітей – у 1,3 раза. Загалом можна констатувати уповільнення зниження доз опромінення, порівняно з попередніми роками: з 2010 по 2013 річні дози внутрішнього опромінення в обстежених НП знизились у 1,8–2,4 раза, з 2013 по 2016 – у 2,3–3,6 раза.

Визначення основних чинників формування доз внутрішнього опромінення у населення РЗТ було б неповним без ґрунтового аналізу забрудненості основних продуктів харчування радіонуклідами ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr. Особливу увагу було приділено визначенню вмісту ⁹⁰Sr у продуктах харчування, через те, що з часом внесок від радіостронцію у сумарну дозу внутрішнього опромінення зростає.

Вміст ¹³⁷Cs у пробах молока, зібраних в обстежених НП, значно нижчий від допустимого рівня (ДР) 100 Бк · л⁻¹ згідно з Гігієнічним нормативом ГН 6.6.1.1-130-2006 [17] і варіює у межах 1,4–13,8 Бк · л⁻¹. Вміст ⁹⁰Sr варіює у межах 2,1–9,9 Бк · л⁻¹ у пробах молока, зібраних у обстежених НП Іванківського району, 1,1–1,8 Бк · л⁻¹ – у пробах молока, зібраних у обстежених НП Поліського району при

0.030 mSv · year⁻¹ in 2019), and in Ivankiv district (0.023 mSv · year⁻¹ in 2016, 0.018 mSv · year⁻¹ in 2019).

Moreover, in Polis'kyi district this decrease was due to the children's contingent, whose doses were reduced by 2 times, in contrast to adults, in whom they increased by 1.2 times. In Ivankiv district, radiation doses decreased in adults – 1.2 times, and in children – 1.3 times. In general, it is possible to state a slowdown in the reduction of radiation doses compared to previous years: from 2010 to 2013, the annual doses of internal radiation in the surveyed settlements decreased by 1.8–2.4 times, from 2013 to 2016 – by 2.3–3.6 times.

Determining the main factors in the formation of doses of internal radiation in the population of RCT would be incomplete without a thorough analysis of contamination of basic foods with radionuclides ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr. Particular attention has been paid to the determination of ⁹⁰Sr in food, due to the fact that over time the contribution of radiostrontium to the total dose of internal radiation increases.

The content of ¹³⁷Cs in milk samples collected in the surveyed HS is significantly lower than the permissible level (PL) of 100 Bq · l⁻¹ in accordance with the Hygienic Standard 6.6.1.1-130-2006 [17] and varies between 1.4–13.8 Bq · l⁻¹. The content of ⁹⁰Sr varies in the range of 2.1–9.9 Bq · l⁻¹ in milk samples collected in the surveyed HSs of Ivankiv district, 1.1–1.8 Bq · l⁻¹ – in milk

Таблиця 2

Динаміка середніх доз внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Київської області у 2016–2019 рр.

Table 2

Dynamics of average doses of internal radiation of residents of the surveyed state of emergency of Kyiv region in 2016–2019

Район	Рік	Група	К-сть осіб	Доза внутрішнього опромінення, мЗв · рік ⁻¹			
				середнє значення	медіана	90 % квантиль	макс. значення
District	Year	Group	Examined persons	Dose of internal irradiation, mSv · year ⁻¹			
				average value	median	90 % quantile	max. value
Поліський Polis'kyi	2016	Всі / All	533	0,041	0,034	0,084	0,219
		Дорослі / Adults	256	0,039	0,030	0,083	0,219
		Діти / Children	277	0,043	0,038	0,085	0,204
	2019	Всі / All	273	0,030	0,015	0,068	0,456
		Дорослі / Adults	106	0,046	0,018	0,107	0,456
		Діти / Children	167	0,021	0,020	0,051	0,146
Іванківський Ivankiv	2016	Всі / All	355	0,023	0,023	0,046	0,094
		Дорослі / Adults	207	0,028	0,027	0,051	0,082
		Діти / Children	148	0,016	0,015	0,037	0,094
	2019	Всі / All	232	0,018	0,007	0,033	0,510
		Дорослі / Adults	104	0,024	0,012	0,052	0,510
		Діти / Children	128	0,014	0,004	0,017	0,047

ДР 20 Бк · л⁻¹ [17]. Більш високі рівні забруднення у Іванківському районі пояснюються, очевидно, вищими щільностями випадіння ⁹⁰Sr на території Іванківського району.

Динаміка забруднення молока радіоцезієм в обстежених населених пунктах у 2010–2019 рр., представлена на рисунку 3.

Другим важливим основним продуктом харчування мешканців Полісся є картопля. Вміст ¹³⁷Cs і у зібраних нами пробах картоплі значно нижчий ДР, який становить 60 Бк · кг⁻¹ згідно з ГН 6.6.1.1-130-2006 [17]. Вміст ⁹⁰Sr у всіх пробах картоплі також нижче допустимого рівня < 20 Бк · кг⁻¹. Однак, слід зауважити, що як і у пробах молока, вміст ⁹⁰Sr у пробах картоплі, зібраних у обстежених НП Іванківського району (2,1–5,4 Бк · л⁻¹), вищий, ніж у пробах, зібраних у Поліському районі (1,3–3,2 Бк · л⁻¹), що потребує подальшого моніторингу проб продуктів на вміст радіостронцію. На рисунку 4 представлено динаміку вмісту ¹³⁷Cs у пробах картоплі, зібраних в обстежених населених пунктах Київської області у 2010–2019 рр.

Найбільший інтерес викликало дослідження продуктів природного походження – грибів, ягід, оскільки ці продукти традиційно є однією з основних складових раціону жителів Полісся і за результатами останніх досліджень найбільш, поміж інших продуктів, забруднені радіоцезієм. Усього було зібрано 21 пробу грибів сушених (6 – у Поліському районі та 15 у Іванківському) та одна проба грибів консервованих у с. Карпилівка. У таблиці 3 приведені результати з визначення ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr у пробах

samples collected in the surveyed settlements of Poliss'kyi district, area at PL 20 Bq · l⁻¹ [17]. Higher levels of pollution in Ivankiv district are explained, apparently, by higher densities of ⁹⁰Sr in the Ivankiv district.

Dynamics of milk contamination by radiocesium in the surveyed settlements in 2010–2019, presented in Figure 3.

Another important staple food of Poliss'kyi's residents is potatoes. The content of ¹³⁷Cs in the samples of potatoes collected by us is much lower than the PL, which is 60 Bq · kg⁻¹ in accordance with Hygienic Standard 6.6.1.1-130-2006 [17]. The content of ⁹⁰Sr in all potato samples is also below the permissible level < 20 Bq · kg⁻¹. However, it should be noted that as in milk samples, the content of ⁹⁰Sr in potato samples collected in the surveyed settlements of Ivankiv district (2.1–5.4 Bq · l⁻¹), higher than in the samples collected in Poliss'kyi district (1.3–3.2 Bq · l⁻¹), which requires further monitoring of product samples for radiostrontium content. Figure 4 shows the dynamics of ¹³⁷Cs content in potato samples collected in the surveyed settlements of Kyiv region in 2010–2019.

The study of products of natural origin – mushrooms, berries – aroused the greatest interest, as these products are traditionally one of the main components of the diet of Poliss'kyi residents and according to recent studies, among other products, most contaminated with radiocesium. A total of 21 samples of dried mushrooms were collected (6 in Poliss'kyi district and 15 in Ivankiv district) and one sample of canned mushrooms in Karpylivka village. Table 3 shows the results of the determination of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr

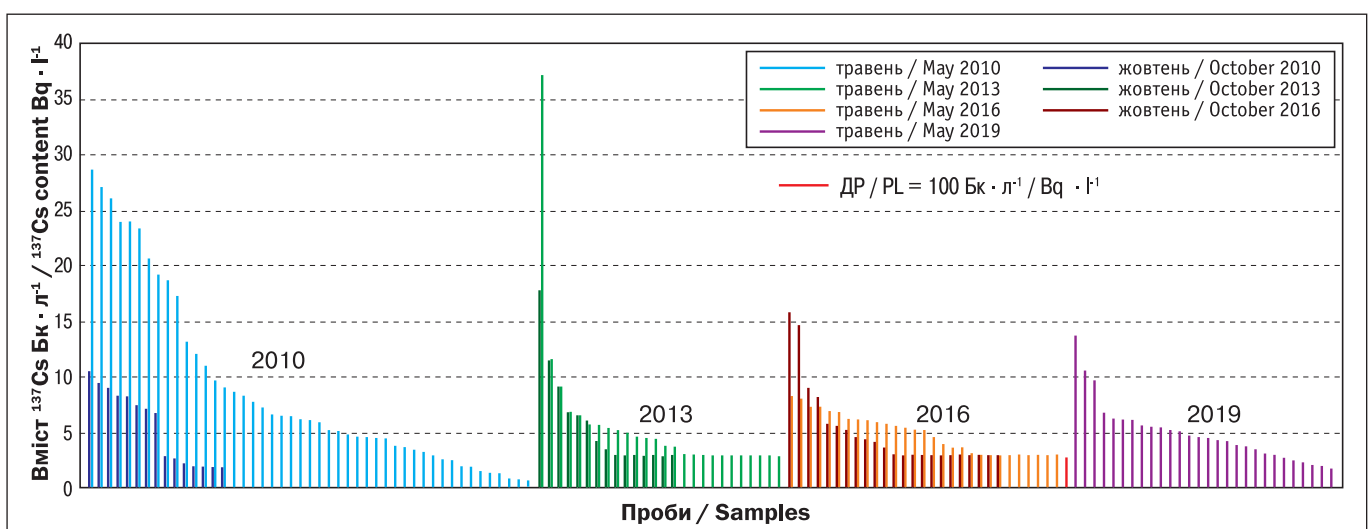


Рисунок 3. Динаміка вмісту ¹³⁷Cs у пробах молока, зібраних в обстежених населених пунктах Київської області у 2010–2019 рр.

Figure 3. Dynamics of ¹³⁷Cs content in milk samples collected in the surveyed settlements of Kyiv region in 2010–2019

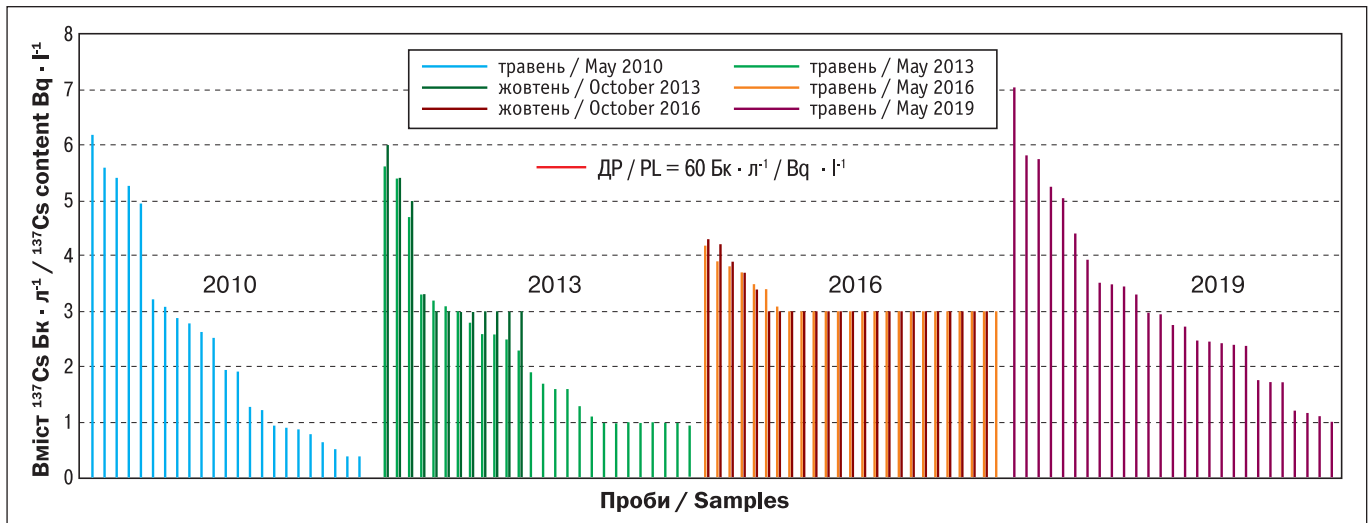


Рисунок 4. Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах картоплі, зібраних в обстежених населених пунктах Київської області у 2010–2019 рр.

Figure 4. Dynamics of ^{137}Cs content in potato samples collected in the surveyed settlements of Kyiv region in 2010–2019

Таблиця 3

Вміст ^{137}Cs і ^{90}Sr у пробах лісових продуктів – грибів, ягід, зібраних у деяких господарствах обстежених НП Київської області у травні 2019 року

Table 3

The content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in samples of forest products – mushrooms, berries, collected in some farms of the surveyed state of emergency of Kyiv region in May 2019

Населений пункт Human settlement	Проба, зібрана у господарстві Sample collected on the farm	Продукт і вид переробки Product and type of processing	Вміст радіонуклідів, $\text{kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ Radionuclide content $\text{kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$	
			$^{137}\text{Cs}^*$	$^{90}\text{Sr}^{**}$
Рагівка / Ragivka	P1 / R1	Гриби сушені / dried mushrooms	$1,4 \pm 0,07$	$< 0,004$
Рагівка / Ragivka	P2 / R2	Гриби сушені / dried mushrooms	$223,7 \pm 0,1$	$< 0,003$
Рагівка / Ragivka	P5 / R5	Гриби сушені / dried mushrooms	$7,3 \pm 0,2$	$< 0,003$
Рагівка / Ragivka	P6 / R6	Чорниця сушені	$36,9 \pm 0,2$	$< 0,003$
Рагівка / Ragivka	P7 / R7	Гриби сушені / dried mushrooms	$87,7 \pm 0,7$	$< 0,003$
Максимовичі / Maxymovychi	ЗП7 / ZP7	Гриби сушені / dried mushrooms	$5,0 \pm 0,2$	$< 0,003$
Зелена Поляна / Zelena Poliana	ЗП8 / ZP8	Чорниця морожені / frozen blueberries	$0,05 \pm 0,03$	$< 0,003$
Зелена Поляна / Zelena Poliana	ЗП9 / ZP9	Гриби сушені / dried mushrooms	$80,5 \pm 0,5$	$< 0,003$
Горностайпіль / Hornostaipil	Г1 / G1	Гриби сушені / dried mushrooms	$1,8 \pm 0,07$	$< 0,003$
Горностайпіль / Hornostaipil	Г2 / G2	Гриби сушені / dried mushrooms	$0,8 \pm 0,04$	$< 0,003$
Горностайпіль / Hornostaipil	Г3 / G3	Гриби сушені / dried mushrooms	$8,7 \pm 0,2$	$< 0,003$
Горностайпіль / Hornostaipil	Г4 / G4	Гриби сушені / dried mushrooms	$8,5 \pm 0,2$	$< 0,003$
Горностайпіль / Hornostaipil	Г5 / G5	Гриби сушені / dried mushrooms	$15,9 \pm 0,3$	$< 0,003$
Горностайпіль / Hornostaipil	Г6 / G6	Гриби сушені / dried mushrooms	$6,3 \pm 0,2$	$< 0,003$
Горностайпіль / Hornostaipil	Г7 / G7	Гриби сушені / dried mushrooms	$3,1 \pm 0,1$	$< 0,003$
Дитятки / Dytiatky	Д2 / D2	Гриби сушені / dried mushrooms	$2,0 \pm 0,07$	$< 0,006$
Дитятки / Dytiatky	Д4 / D4	Гриби сушені / dried mushrooms	$1,8 \pm 0,06$	$< 0,003$
Дитятки / Dytiatky	Д5 / D5	Гриби сушені / dried mushrooms	$5,7 \pm 0,1$	$< 0,003$
Дитятки / Dytiatky	Д6 / D6	Гриби сушені / dried mushrooms	$8,0 \pm 0,1$	$< 0,003$
Піски / Pisky	П6 / P6	Гриби сушені / dried mushrooms	$7,2 \pm 0,2$	$< 0,003$
Карпилівка / Karpylivka	К1 / K1	Гриби сушені / dried mushrooms	$3,8 \pm 0,1$	$< 0,004$
Карпилівка / Karpylivka	К2 / K2	Гриби сушені / dried mushrooms	$2,4 \pm 0,09$	$< 0,003$
Карпилівка / Karpylivka	К4 / K3	Гриби сушені / dried mushrooms	$4,0 \pm 0,1$	$< 0,003$
Карпилівка / Karpylivka	К4 / K4	Гриби консервовані / canned mushrooms	$0,1 \pm 0,6$	$< 0,006$

Примітки. * – ДР вмісту ^{137}Cs становить $2,5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ для сушених грибів та ягід, і $0,5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ для консервованих; ** – ДР вмісту ^{90}Sr становить $0,25 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ для сушених грибів та ягід, і $0,05 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ для консервованих.

Notes. * – PL content of ^{137}Cs is $2.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ for dried mushrooms and berries, and $0.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ for canned; ** – PL content of ^{90}Sr is $0.25 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ for dried mushrooms and berries, and $0.05 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ for canned.

лісових продуктів, зібраних у мешканців Поліського та Іванківського районів у травні 2019 р.

Із приведених даних видно, що у п'яти пробах з шести, зібраних у мешканців Поліського району, вміст ^{137}Cs перевищує ДР $2,5 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Максимальні зареєстровані показники вмісту ^{137}Cs у пробах сушених грибів, зібраних у Поліському районі, становить: $223,7 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ (с. Рагівка), $87,7 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ (с. Рагівка), $80,5 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ (с. Зелена Поляна), що в десятки разів перевищує допустимі норми. Зрозуміло, що вживання таких продуктів навіть у незначній кількості обумовить формування суттєвих доз внутрішнього опромінення.

Вміст ^{137}Cs у пробах грибів, зібраних у мешканців Іванківського району, дещо нижчий – 33 % проб задовольняють ДР Гігієнічного нормативу ГН 6.6.1.1-130-2006. Максимальний зареєстрований вміст ^{137}Cs у пробах сушених грибів, зібраних у мешканців Іванківського району, становить $15,9 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ (с. Горностаїпіль).

Вміст ^{137}Cs у пробах грибів сушених, зібраних у мешканців Київської області у 2019 році, як і у попередні роки дослідження – 2010, 2013, 2016 (рис. 5), значно (до 100 разів) перевищує ДР, і має велику невизначеність – від $1,4 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ до $223,7 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Вміст ^{137}Cs у пробі консервованих грибів, наданій для аналізу мешканцями с. Карпилівка (господарство К4) становить $0,1 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$, що свідчить про освіченість господарів щодо кулінарної обробки цього продукту з метою видалення з нього радіоцезію.

Слід відзначити, що жителі обстежених НП неохоче здають лісові продукти для досліджень,

in samples of forest products collected from residents of Polis'kyi and Ivankiv districts in May 2019.

The above data show that in five samples out of six collected from the residents of Polis'kyi district, the content of ^{137}Cs exceeds the PL of $2.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$. The maximum recorded values of ^{137}Cs content in samples of dried mushrooms collected in Polis'kyi district are: $223.7 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ (village Ragivka), $87.7 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ (village Ragivka), $80.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ (village of Zelena Poliana), which is ten times higher than the permissible norms. It is clear that the use of such products, even in small quantities, will lead to the formation of significant doses of internal radiation.

The content of ^{137}Cs in the samples of fungi collected from the residents of Ivankiv district is slightly lower – 33% of the samples meet the PL of the Hygienic Standard HS 6.6.1.1-130-2006. The maximum recorded content of ^{137}Cs in samples of dried mushrooms collected from residents of Ivankiv district is $15.9 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Hornostaipil village).

The content of ^{137}Cs in samples of dried mushrooms collected from residents of Kyiv region in 2019, as in previous years of research – 2010, 2013, 2016 (Fig. 5), is significantly (up to 100 times) higher than PL, and has a large uncertainty – from $1.4 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $223.7 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$. The content of ^{137}Cs in the sample of canned mushrooms provided for analysis by the inhabitants of Karpylivka village (farm K4) is $0.1 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, which indicates the education of the owners regarding the culinary processing of this product in order to remove radiocesium from it.

It should be noted that the residents of the surveyed settlements are reluctant to hand over forest products

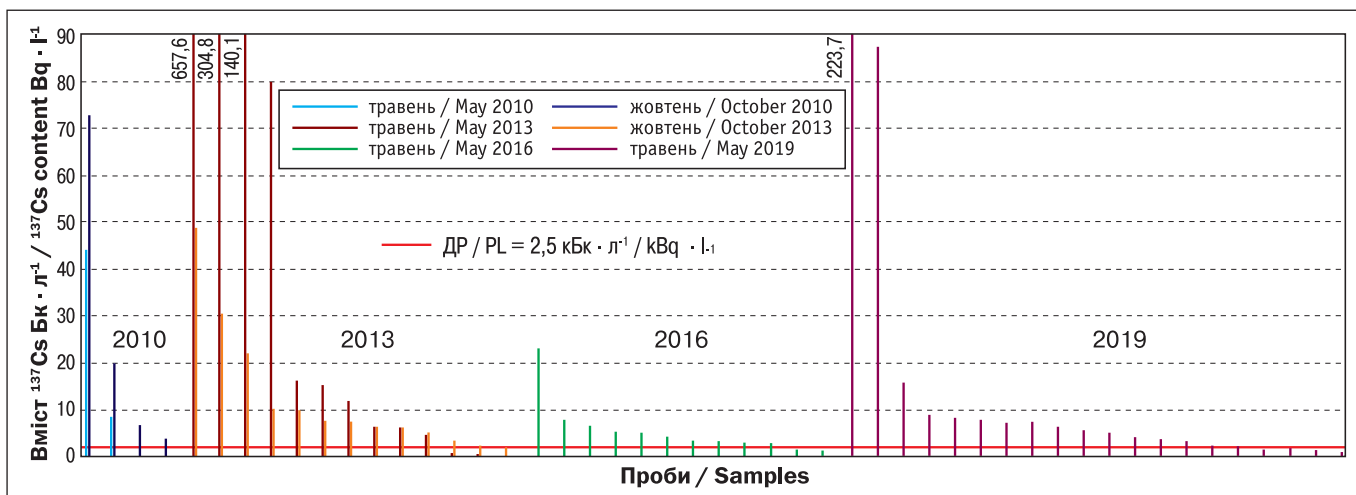


Рисунок 5. Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах грибів сушених, зібраних у мешканців Київської області у 2010–2019 рр.

Figure 5. Dynamics of ^{137}Cs content in samples of dried mushrooms collected from residents of Kyiv region in 2010–2019

мотивуючи це малими обсягами зібраних продуктів. Якщо грибів вдалося зібрати 20 проб, то ягід усього 2 проби – чорниці морожені з вмістом ^{137}Cs $0,05 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ при ДР $0,5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, чорниці сушені з вмістом ^{137}Cs $36,9 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, що значно, у 15 разів, перевищує ДР для сушених ягід $2,5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Вміст ^{90}Sr у пробах лісових продуктів – грибів та ягід, зібраних у Київській області, менше рівня чутливості вимірювання.

Таким чином, найбільш забрудненими радіонуклідами продуктами в обстежених НП Київської області є сушені гриби та ягоди. І величина індивідуальної дози внутрішнього опромінення мешканців цих НП суттєво залежить від кількості грибів в раціоні. Відсутність продуктів лісового походження у 2019 році, а також обмежена їх кількість впродовж останніх п'яти років, пояснює загальне зниження рівнів внутрішнього опромінення населення досліджуваних територій в останні роки. Водночас зрозуміло, що у багатий на врожай грибів рік, існує велика ймовірність значного підвищення рівнів внутрішнього опромінення за рахунок надходження радіоцезію при вживанні продуктів лісового походження, насамперед, грибів.

Аналіз структури споживання харчових продуктів населенням досліджуваних НП у 2013–2019 рр. виявив, що найбільш вживаними продуктами у обстежених НП у 2019 році є картопля та овочеві культури ($627 \text{ g} \cdot \text{доба}^{-1}$), молоко та молочні продукти ($318 \text{ g} \cdot \text{доба}^{-1}$) з домашнього господарства, хлібобулочні та борошняні (макаронні) вироби ($189 \text{ g} \cdot \text{доба}^{-1}$), куплені у торговій мережі. Значно менше місцеві мешканці вживають м'яса та м'ясних продуктів ($134 \text{ g} \cdot \text{доба}^{-1}$), фруктів і ягід ($121 \text{ g} \cdot \text{доба}^{-1}$), риби та рибних продуктів ($41 \text{ g} \cdot \text{доба}^{-1}$). Аналіз структури і динаміки споживання харчових продуктів населенням досліджуваних НП у 2013–2019 рр. виявив зменшення споживання продуктів, як придбаних у торговельній мережі, що обумовлено зниженням доступності харчових продуктів через зменшення купівельної спроможності населення, так і продуктів з домашнього господарства, що збігається з даними Державної служби статистики України [18] та результатами досліджень [19].

Окремо досліджено рівні вживання продуктів дикої природи, оскільки саме ці продукти є найбільш суттєвими при формуванні дози внутрішнього опромінення населення. Результати опитування щодо споживання цих продуктів показали, що мешканці обстежених НП Київської області вживають значну кількість продуктів природного по-

for research, citing the small amount of products collected. If you managed to collect 20 samples of mushrooms, then the berries of only 2 samples – blueberries frozen with a content of ^{137}Cs $0.05 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ with PL $0.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, dried blueberries with a content of ^{137}Cs $36.9 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, which is significantly 15 times higher than the PL for dried berries $2.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$.

The content of ^{90}Sr in samples of forest products – mushrooms and berries, collected in Kyiv region, is less than the level of measurement sensitivity.

Thus, the most contaminated with radionuclide products in the surveyed state of emergency of Kyiv region are dried mushrooms and berries. And the size of an individual dose of internal irradiation of the inhabitant of these settlements essentially depends on quantity of mushrooms in a diet. The lack of forest products in 2019, as well as their limited number over the last five years, explains the general decline in the levels of internal exposure of the population of the study areas in recent years. At the same time, it is clear that in a year rich in mushroom harvest, there is a high probability of a significant increase in internal radiation levels due to the influx of radiocesium in the consumption of forest products, especially mushrooms.

Analysis of the structure of food consumption by the population of the studied settlements in 2013–2019 revealed that the most used products in the surveyed settlements in 2019 are potatoes and vegetables ($627 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$), milk and dairy products ($318 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$) from the household, bakery and flour (pasta) products ($189 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$), purchased in the trade network. Much less locals eat meat and meat products ($134 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$), fruits and berries ($121 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$), fish and fish products ($41 \text{ g} \cdot \text{day}^{-1}$). Analysis of the structure and dynamics of food consumption by the population of the studied settlements in 2013–2019 revealed decrease in consumption of products purchased in TM, due to reduced availability of food products because of reduced purchasing power of the population and household products (HP), which coincides with the results of State Statistics Service of Ukraine [18] and research results [19].

The levels of consumption of wildlife products have been studied separately, as exactly these products are the most important in the formation of the dose of internal exposure of the population. The results of a survey on the consumption of these products showed that residents of the surveyed state of emergency in Kyiv region consume a significant

ходження. Найбільш вживаними є ягоди лісові консервовані та сирі, гриби свіжі, консервовані та сушені. Менше вживають ягоди сушені, рибу, і практично не вживають м'ясо диких тварин.

Результати дослідження зовнішнього опромінення показали, що радіаційний фон в обстежених населених пунктах ($0,10\text{--}0,12\text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$) зрівнявся з середніми показниками природного радіаційного фону на всій території України ($0,1\text{--}0,2\text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$) [20]. Розраховані значення річних ефективних доз зовнішнього опромінення населення в цих НП в поточному році становлять $242\text{--}307\text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ і не перевищують середні показники цієї величини для населення СРСР доаварійного періоду, отриманих за рахунок природного радіаційного фону [21–24]. На жаль, інформація щодо доз зовнішнього опромінення мешканців саме цих територій у доаварійний період відсутня.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що річні ефективні дози опромінення населення в обстежуваних населених пунктах у поточному році формуються за рахунок доз внутрішнього опромінення, які не перевищують $0,46\text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у Іванківському районі та $0,51\text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у Поліському районі, що нижче критерію РЗТ $1\text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

Основним фактором, який формує дозу внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Київської області є надходження ^{137}Cs в організм з лісовими продуктами, насамперед, грибами, які в Поліському регіоні традиційно займають суттєву частину харчового раціону. Відсутність продуктів лісового походження у цьому році, а також впродовж останніх років, пояснює зниження рівнів внутрішнього опромінення населення досліджуваних територій. Водночас зрозуміло, що у багатий на врожай лісових продуктів рік, існує велика ймовірність підвищення рівнів внутрішнього опромінення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дози опромінення / І. А. Ліхтарьов, В. В. Василенко, М. Я. Циганков та ін. Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986–2011 / 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. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи : Закон України. Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР). 1991. № 16, ст. 198. URL:

amount of products of natural origin. The most commonly used berries are canned and raw, fresh mushrooms, canned and dried. They eat less dried berries and fish, and eat almost no wild animal meat.

The results of the study of external irradiation showed that the radiation background in the surveyed settlements ($0.10\text{--}0.12\text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$) was equal to the average indicators of the natural radiation background in the whole territory of Ukraine ($0.1\text{--}0.2\text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$) [20]. The calculated values of annual effective doses of external radiation of the population in these settlements in the current year are $242\text{--}307\text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ and do not exceed the average values of this value for the population of the USSR in the pre-accident period, obtained from natural radiation background [21–24]. Unfortunately, there is no information on the external radiation doses of the residents of these areas in the pre-accident period.

CONCLUSIONS

It is established that the annual effective radiation doses of the population in the surveyed settlements in the current year are formed due to internal radiation doses that do not exceed $0.46\text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in Ivankiv district and $0.51\text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in Poliss'kyi district, which below the CRT criterion $1\text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

The main factor that forms the dose of internal radiation of the residents of the surveyed state of emergency of Kyiv region is the intake of ^{137}Cs in the body with forest products, primarily mushrooms, which in the Poliss'kyi region traditionally occupy a significant part of the diet. The lack of forest products this year, as well as in recent years, explains the decrease in the levels of internal exposure of the population of the studied areas. At the same time, it is clear that in a year rich in forest products, there is a high probability of increasing levels of internal exposure.

REFERENCES

1. Serdyuk A, Bebeshko V, Bazyka D, editors. [Health consequences of the Chernobyl catastrophe: 1986–2011]. Ternopil: TDMU, 2011. p. 35–64. Ukrainian.
2. Vasilenko W. [Radiological and health consequences of the Chernobyl catastrophe. Doses of irradiation of population]. In: [25 years of the Chernobyl catastrophe. Safety of the Future]. Kyiv: KIM, 2011. p. 116–125. Ukrainian.
3. On the Legal Regime of the Territory Contained by the Chernobyl Accident, Law of Ukraine. Information of the Verkhovna Rada of the USSR (WR). 1991;(16):198. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12> (cited: 15.03.2019). Ukrainian.

- <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12> (дата звернення: 15.03.2019).
4. Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи : Закон України. Відомості Верховної Ради УРСР (БВР). 1991. № 16. ст. 200. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12> (дата звернення: 15.03.2019).
 5. The risk of macular degeneration development in persons antenatally irradiated as a result of Chernobyl NPP accident / T. F. Babenko, P. A. Fedirko, R. Y. Dorichevska et al. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2016. Vol. 21. P. 172–177.
 6. Fedirko P. A., Garkava N. A. Patterns of development of retinal vascular pathology at remote time period after radiation exposure. *Ophthalmol. J. (Oftalmologicheskii Zhurnal)*. 2016. № 6, P. 24–28
 7. 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 та ін. Киев : Министерство здравоохранения Украины, 1995. Сб. 5. 312 с.
 8. Вивчення особливостей формування доз внутрішнього опромінення населення РЗТ у віддалений період аварії на ЧАЕС на основі впровадження оптимізованої системи контролю доз внутрішнього опромінення, обумовлених надходженням ^{137}Cs , ^{90}Sr : звіт про НДР (закл.) 484 / ДУ «ННЦРМ НАМН України» ; кер : Нечаєв С. Ю. ; Київ, 2012. 91 с. № держреєстрації 0110U000172
 9. 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 «ННЦРМ НАМН України» ; кер. : В. В. Василенко, С. Ю. Нечаєв. Київ, 2015. 137 с. № держреєстрації 0113U002324
 10. 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
 11. Оценка доз внутреннего облучения населения за счет радиоцезия с использованием счетчиков излучения человека : методические рекомендации НЦРМ АМН Украины. Киев, 1994. 19 с.
 12. Проведение измерений с использованием счетчиков излучения человека при дозиметрической паспортизации населенных пунктов Украины : методические рекомендации / МинЧернобыль Украины ; НЦРМ АМН Украины. Київ, 1996. 73 с.
 13. Моніторинг доз внутрішнього опромінення населення на пізньому етапі аварії на ЧАЕС з використанням лічильників випромінювання людини (методичні рекомендації) / С. Ю. Нечаєв, В. В. Василенко, В. О. Пікта та ін. ; МОЗ України, АМН України. Київ : ДУ «НЦРМ АМН України», 2010. 24 с.
 14. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / под ред. А. Н. Марья, А. С. Зыковой. Москва, 1980. 335 с.
 4. «On the Status and Social Protection of the Affected Citizens» as a result of the Chernobyl disaster, Law of Ukraine. Information of the Verkhovna Rada of the USSR (WR). 1991;(16):200. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12> (cited: 15.03.2019). Ukrainian.
 5. Babenko TF, Fedirko PA, Dorichevska RY, Denysenko NV, Samoteikina LA, Tyshchenko OP. The risk of macular degeneration development in persons antenatally irradiated as a result of Chernobyl NPP accident. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2016;21: 172-177.
 6. Fedirko PA, Garkava NA. Patterns of development of retinal vascular pathology at remote time period after radiation exposure. *Ophthalmol. J. (Oftalmologicheskii Zhurnal)*.2016;(6):24-28
 7. Likharev 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.
 8. 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.
 9. 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.
 10. 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.
 11. 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.
 12. Ministry of Chernobyl of Ukraine; NTsRM AMS of Ukraine. [Measurements using human radiation meters during dosimetric certification of settlements in Ukraine]: guidelines. Kiev, 1996. 73 p. Russian.
 13. 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.
 14. Marey AN, Zykova AS, editors. [Methodical recommendations for sanitary control on contents of radioactive substances in environmental objects]. Moscow, 1980. 335 p. Russian.

15. Руководство по методам контроля радиоактивности окружающей среды / под ред. И. А. Соболева, Е. Н. Беляева. М. : Медицина, 2002. 432 с.
16. Израэль Ю. А. Инструкция по отбору проб почв при радиационном обследовании загрязнения местности. Межведомственная комиссия. М. 1987. 7 с.
17. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr у продуктах харчування : Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006: затв. МОЗ України 03.05.2006: набрав чинності 17.07.2006. Київ : МОЗ України, 2006. 22 с.
18. Баланси та споживання основних продуктів харчування населення України статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики, 2017. URL: <https://ukrstat.org/uk> (дата звернення 01.10.2019).
19. Мельничук, О. М., Самоєнкова О. В. Аналіз динаміки та структури споживання продуктів харчування населенням України. *Статистика – інструмент соціально-економічних досліджень: збірник наукових студентських праць*. Одеса: ONEU, 2016. Вип. 2. С. 28–33.
20. Радиационный фон в Украине. Чернобыль. Припять, Чернобыльская АЭС и зона отчуждения. Вся информация Чернобыльской зоны отчуждения и ЧАЭС, природа загрязненных территорий. URL: <http://www.chornobyl.in.ua/radiacionniy-fon-ukraine.html> (дата звернення 21.09.2019)
21. Бадяев В. В., Егоров Ю. А., Казаков С. В. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. М. : Энергоатомиздат, 1990. 224 с.
22. Булдаков Л. А. Радиоактивные вещества и человек. М. : Энергоатомиздат, 1990. 160 с.
23. Практическое пособие санитарного врача по радиационной гигиене / под ред. М. И. Костецкого. Запорожье : Министерство здравоохранения Украины, Запорожская обласная санитарно-эпидемиологическая станция, 2002. 79 с.
24. Ильин Л. А., Кириллов В. Ф., Коренков И. П. Радиационная гигиена : учебник для вузов. М., 2010. 384 с.
15. Sobolev IA, Belyaev EN, editors. [Manual on methods for controlling of environmental radioactivity]. Moscow: Medicine, 2002. 432 p. Russian.
16. Izrael YuA; Interdepartmental Commission. [Instruction for soil sampling in radiation survey of terrain contamination]. Moscow; 1987. 7 p. Russian.
17. [Permissible levels of ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr radionuclide content in food: Hygienic Standard GN 6.6.1.1-130-2006]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, 2006. 22 p. Ukrainian.
18. [Balances and consumption of basic foodstuffs of the population of Ukraine statistical collection]. Kyiv: State Statistics Service, 2017. URL: <https://ukrstat.org/uk> (accessed October 1, 2019). Ukrainian.
19. Melnychuk OM, Samoteikina OV. [Analysis of the dynamics and structure of food consumption by the population of Ukraine. Statistics is a tool of socio-economic research]. *Collection of scientific student works*. Odessa: ONEU; 2016. Iss. 2. P. 28-33. Ukrainian.
20. [Ionizing radiation in Ukraine. Chernobyl. Pripyat, the Chernobyl nuclear power plant and the exclusion zone]. All information of the Chernobyl Exclusion Zone and Chernobyl, the nature of the contaminated areas. URL: <http://www.chornobyl.in.ua/radiacionniy-fon-ukraine.html> (cited 21.09.2019). Russian.
21. Badyaev W, Egorov YuA, Kazakov SV. [Environmental protection during NPP operation]. Moscow: Energoatomizdat; 1990. 224 p. Russian.
22. Buldakov LA. [Radioactive substances and man]. Moscow: Energoatomizdat; 1990. 160 p. Russian.
23. 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.
24. Ilyin LA, Kirillov VF, Korenko IP. [Radiation hygiene]: a textbook for universities. 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

Задорожна Галина Михайлівна, молодший науковий співробітник лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Курята Микола Сергійович, інженер 1 категорії лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Литвинець Леонід Олександрович, кандидат технічних наук, науковий співробітник лабораторії лічиль-

INFORMATION ABOUT AUTHORS

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

Galyna M. Zadorozhna, Junior Research Associate of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Health Physics Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Mykola S. Kuriata, Junior Research Associate of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Health Physics Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Leonid O. Lytvynets, Candidate of Science, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory,

ників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Новак Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, науковий співробітник лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Іскра Наталія Іванівна, доктор медичних наук, лікар хірург клініки ННЦРМ, м. Київ

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

Dosimetry and Health Physics Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Dmytro V. Novak, Candidate of Science, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Health Physics Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Natalia I. Iskra, Doctor of Medical Sciences, doctor surgeon Clinic, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Lina P. Mishchenko, Head of the Dosimetry Branch of Clinics, Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Стаття надійшла до редакції 25.08.2020

Received: 25.08.2020