ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

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[1]✉, М. С. Курята[1], В. В. Морозов[1], Л. О. Литвинець[1], М. С. Крамаренко[1], А. Б. Білоник[1], Л. П. Міщенко[1], З. С. Мань[1], В. Ш. Шварцман[1], Т. В. Волкернюк[2]

[1]Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Іллєнка, 53, Київ, 04050, Україна
[2]Науково-дослідний інститут радіаційного захисту Академії технологічних наук України, вул. Ватутіна, 55, м. Вишгород, Київська обл., 07300, Україна

КОМПЛЕКСНИЙ РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНИЙ МОНІТОРИНГ МЕШКАНЦІВ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2020 р.

Метою дослідження є визначення основних чинників формування доз опромінення населення радіоактивно забруднених територій Рівненської області на поточному етапі аварії на основі проведення комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу в реперних населених пунктах у 2020 р. та оцінка їх впливу на формування доз.

Матеріали і методи. Комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг населених пунктів (НП) Рівненської області зосереджено у сс. Старе Село, Вежиця, Переходичі, Дроздинь Рокитнівського району, в яких після аварії на ЧАЕС реєструються найбільші дози опромінення. Дослідження виконані у вересні 2020 р. З метою визначення доз внутрішнього опромінення виконано 696 вимірювань на лічильниках випромінювання людини (ЛВЛ) (318 дорослих і 378 дітей). Зібрано у місцевих господарствах та виміряно на вміст ^{137}Cs, ^{90}Sr 48 проб молока, 45 проб картоплі та овочів, 35 проб продуктів дикої природи. Опитано щодо рівнів споживання основних продуктів харчування 229 мешканців (140 дорослих і 89 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 Рівненської області в 2020 році формуються в основному за рахунок доз внутрішнього опромінення, які не перевищують 1,24 мЗв · рік$^{-1}$ у дорослих та 0,65 мЗв · рік$^{-1}$ у дітей при критерію РЗТ 1 мЗв · рік$^{-1}$. Зареєстровано подальше зниження річних доз внутрішнього опромінення в обстежених НП у 1,2–1,9 раза порівняно з результатами осіннього ЛВЛ-моніторингу 2017 року, що підтверджує відстежену нами динаміку поступового зниження рівнів опромінення на поточному етапі аварії на ЧАЕС від 2011 р. Основним чинником, який формує дозу внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Рівненської області, залишається надходження ^{137}Cs в організм з молоком та лісовими грибами, які в Рівненському Поліссі традиційно займають суттєву частину харчового раціону, і мають незмінно високі рівні забруднення радіоцезієм.

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

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2021. Вип. 26. С. 124–140. doi: 10.33145/2304-8336-2021-26-124-140

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

V. V. Vasylenko[1]✉, M. S. Kuriata[1], V. V. Morozov[1], L. O. Lytvynets[1], M. S. Kramarenko[1], A. B. Bilonyk[1], L. P. Mischenko[1], Z. S. Man[1], V. Sh. Schwartzman[1], T. O. Volkerniuk[2]

[1]State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yuriia Illienka Str., Kyiv, 04050, Ukraine
[2]Research Institute for Radiation Protection of the Academy of Technological Sciences of Ukraine, 55 Vatutina St., Vyshgorod, 07300, Ukraine

COMPREHENSIVE RADIATION AND HYGIENIC MONITORING IN POPULATION OF THE RIVNE OBLAST RADIOLOGICALLY CONTAMINATED TERRITORIES

Objective. The key factors identification in radiation dose formation in population of radiologically contaminated areas of Rivne oblast in the current period of accident through comprehensive radiation and hygienic monitoring in reference settlements in 2020 and estimation of their impact on dose formation were the study objectives.

Materials and methods. Comprehensive radiation and hygienic monitoring of settlements in Rivne oblast (province) was provided in Stare Selo, Vezhytsia, Perekhodychi, and Drozdyn villages of Rokytne district, where the highest radiation doses were registered after the ChNPP accident. Studies were conducted in September 2020. Measurements (n=696, 318 adults, and 378 children) were performed using the whole body counters (WBC) to determine the internal radiation doses. The 48 samples of milk, 45 samples of potatoes and vegetables, and 35 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=229, 140 adults, and 89 children) were interviewed about the levels of consumption of staple foodstuffs. External radiation doses were evaluated in all the studied settlements. Mathematical, dosimetric, and radiochemical methods were applied.

Results and conclusions. Annual effective radiation doses of the Rivne oblast population in 2020 were formed mainly due to internal radiation ones that not exceeded 1.24 mSv · year^{-1} in adults and 0.65 mSv · year^{-1} in children against the RCT criterion of 1 mSv · year^{-1}. Further 1.2–1.9-fold decrease in the annual internal radiation doses vs. the results of WBC-monitoring in autumn of 2017 was registered in the surveyed settlements. The latter confirmed a time pattern of radiation levels gradual reduction at the current stage of Chornobyl accident since 2011. Intake of ^{137}Cs with milk and wild mushrooms, which traditionally occupy a significant part of diet in the Rivne Polissya 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 Rivne oblast.

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

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021;26:124-140. doi: 10.33145/2304-8336-2021-26-124-140

ВСТУП

Рівненська область відноситься до найбільш постраждалих від аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС). Значного радіонуклідного забруднення зазнала майже половина території області. Площа ураженої території займає 11,2 тис. км^2 (56 % усієї території області) [1–3]. До зон радіоактивного забруднення віднесено 341 населений пункт (НП) Березнівського, Володимирецького, Дубровицького, Зарічненського, Рокитнівського і Сарненського районів [4–5]. Обсяг населення, що проживає на радіоактивно забруднених територіях (РЗТ) – 390,8 тис. осіб, що становить 34 % населення області, зокрема, 112,3 тис. з них – діти [6].

INTRODUCTION

Rivne oblast (province) is one of the most affected by the Chornobyl nuclear power plant (ChNPP) accident. Almost half of the oblast territory was exposed to significant radionuclide contamination. The square of contaminated area is 11.2 thousand km^2 (56% of the total area) [1–3]. There are 341 settlements in the zones of radiological contamination of Berezne, Volodymyrets, Dubrovytsia, Zarichne, Rokytne, and Sarny districts [4–5]. Population living in radiologically contaminated territories (RCT) is 390.8 thousand people, which is 34% of the oblast population, and 112.3 thousand of them are children [6].

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

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

Забруднення радіонуклідами екосистеми лісів та сільськогосподарських угідь, які активно залучені до промислового та сільськогосподарського виробництва в зоні Полісся, обумовлює ризики отримання високих рівнів забруднення радіонуклідами кінцевої продукції [7–9]. Торф'яно-болотисті ґрунти Рівненського Полісся, як правило, кислі, слабокислі, мають малий вміст мікроелементів, що обумовлює високі коефіцієнти переходу (до 40 %) радіоцезію у кореневу систему рослин. Рівні забруднення харчових продуктів (молоко, м'ясо, овочі) і кормів для тварин (природні трави), які виросли або виготовлені на цій місцевості на один-два порядки вищі у порівнянні з іншими територіями [10, 11]. Внаслідок чого дози внутрішнього опромінення населення постраждалих районів Рівненщини весь післяаварійний період були найвищими серед населення України [12–13]. Таким чином, населення Рівненського Полісся зазнає значного дозового навантаження протягом усіх післяаварійних років і потребує як медичного [14–15], так і радіаційного контролю [16–18].

Проведення комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу населення РЗТ Рівненщини дає можливість визначити особливості й основні чинники формування доз опромінення мешканців цього регіону на поточному етапі аварії, що, в свою чергу, є підґрунтям для забезпечення адекватних заходів мінімізації доз опромінення населення цього регіону.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є визначення основних чинників формування доз опромінення населення радіоактивно забруднених територій Рівненської області на поточному етапі аварії на основі проведення комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу в реперних населених пунктах у 2020 р. та оцінка їх впливу на формування доз.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У вересні 2020 р. у рамках комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу Рівненської області було проведено виїзний ЛВЛ-моніторинг у чотирьох НП Рокитнівського району у обсязі, достатньому для проведення статистичного аналізу – сс. Старе Село, Вежиця, Переходичі, Дроздинь. Усі вони – сільського типу, і розташовані поблизу лісових масивів. Села досить великі. У Старому Селі проживає 4107 осіб, у Дроздині – 2625, у Вежиці – 1158, Переходичах – 562. У сім'ях традиційно багато дітей, тому всі НП мають школи, в яких навчаються від 124 дітей (Пере-

Radionuclide contamination of the woodland and agricultural land ecosystems that are actively involved in the industrial and agricultural production in Polissya area determines risks of intensive radionuclide contamination of the end products [7–9]. The peat-swamp soils in Rivne oblast Polissya area are, as a rule, acidic or slightly acidic with low content of microelements, all of which provides high coefficients of radioactive cesium transition (up to 40%) into the root system of plants. Contamination of food (milk, meat, vegetables) and animal feed (natural herbs) grown or produced in this area is one to two orders of magnitude higher than in other locations [10, 11]. As a result, the internal radiation doses in population of contaminated areas of Rivne oblast throughout the post-accident period were the highest among population of Ukraine [12–13]. Thus, population of Rivne oblast Polissya areas is subject to significant radiation burden within all post-accident years that require both medical [14–15] and radiological control [16–18].

Conduction of comprehensive radiation and hygienic monitoring of population in RCT of Rivne oblast provides possibility to identify the features and key factors of radiation dose formation in the residents of this region at the current stage of accident. The latter in turn is the basis for taking adequate arrangements to minimize the radiation doses in population of this region.

OBJECTIVE

The key factors identification in radiation dose formation in population of radiologically contaminated areas of Rivne oblast in the current period of accident through comprehensive radiation and hygienic monitoring in reference settlements in 2020 and estimation of their impact on dose formation were the study objectives.

MATERIALS AND METHODS

The on-site whole-body-counter (WBC) monitoring was conducted in September 2020 in Rokytne district of Rivne oblast (province) settlements in population group sufficient for the statistical analysis within framework of comprehensive radiation and hygienic monitoring of the oblast. Study was conducted in Stare Selo, Vezhytsia, Perekhodychi, and Drozdyn large enough rural villages located near forests. There were 4107 people in Stare Selo, 2625 in Drozdyn, 1158 in Vezhytsia, and 562 in Perekhodychi villages. There are traditionally multi-

ходичі) до 1034 дітей (Старе Село) та дитячі дошкільні заклади. Практично кожна сім'я у домогосподарстві має одну або кілька корів. Їх кількість коливається від ~ 100 у с. Переходичі до ~ 600 у с. Старе Село.

ЛВЛ-вимірювання були проведені один раз на рік – восени, у вересні. Усього було обстежено 696 осіб – 318 дорослих і 378 дітей. На жаль, ми не мали змоги провести весняні дослідження через карантин з приводу COVID-19.

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 Рокитнівському районі Рівненської області (рисунок 1). Проведення калібрування комплексу, вимірювань та розрахунки результатів здійснюються за єдиною в Україні методикою, розробленою в ННЦРМ [19–21].

Наступна задача дослідження чинників формування доз внутрішнього опромінення населення РЗТ – визначення та аналіз забруднення радіонуклідами основних продуктів харчування та

child families in the area, so there are pre-school facilities and schools in all the named settlements with number of pupils varying from 124 in Perekhodichi to 1,034 in Stare Selo. Almost every family has one or more cows in the household. Their number ranges from ~ 100 in Perekhodychi village to ~ 600 in the village of Stare Selo.

The WBC-measurements were performed once a year in September. A total of 696 people were examined, i.e. 318 adults and 378 children. Unfortunately, the study in spring was unavailable because of quarantine due to the COVID-19 pandemic.

Determination of incorporated radioactive cesium was performed through the direct measurement on a mobile type human WBC «Screenner-3M» (manufactured by INECO, Kyiv) #153 directly at the place of residence of surveyed persons in Rokytne district Rivne oblast (Figure 1). Calibration of the testing complex, measurements and calculations of results were carried out according to the unified method in Ukraine, developed at the NRCRM [19–21].

Determination and assay of radionuclide contamination of the staple foodstuffs and levels of their consumption was the next task within the scope of research of factors of internal radiation dose formation

Рисунок 1. Проведення ЛВЛ-вимірювань у с. Вежиця Рокитнівського району Рівненської області

Figure 1. WBC-measurements in Vezhytsia village, Rokytne district of Rivne oblast

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

рівнів їх споживання [8, 16-18]. У зв'язку з нерівномірністю накопичення радіонуклідів впродовж року, пов'язаною, у першу чергу, зі зміною раціону харчування в осінній період (вживанням, у тому числі, продуктів лісового походження), збір та аналіз проб продуктів у минулі роки ми здійснювали двічі на рік - весною, і восени. У 2020 році через карантин у зв'язку з коронавірусом COVID-19 збір проб у вибраних для обстеження НП Рівненської області ми змогли здійснити лише один раз – восени. Усього було зібрано 48 проб молока, 45 проб картоплі та овочів, 35 проб продуктів дикої природи (13 проб сушених грибів, 8 проб чорниць сушених, 9 проб журавлини та ін.). Опитування щодо особливостей та рівнів споживання продуктів харчування було проведено за складеними нами у попередні роки формалізованими анкетами [17,18]. Опитано 229 осіб – 140 дорослих і 89 дітей.

Вимірювання вмісту ^{137}Cs у пробах продуктів проводили на гамма-спектрометрі SILENA. Для визначення вмісту радіонукліда у пробах молока та картоплі використовували посудину Марінеллі ємністю 1 літр. Для визначення вмісту радіонукліда у пробах грибів використовували 100 г продукту та проводили вимірювання 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 [22]. Пробопідготовка для вимірювань вмісту ^{90}Sr проводилась відповідно до методичних рекомендацій [23].

Вимірювання потужності дози зовнішнього опромінення проводились у відповідності до вимог інструктивно-методичних документів [24, 25] методом пішохідної γ-зйомки. Для досліджень використовувався дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати ЛВЛ-моніторингу у обстежених НП Рокитнівського району у вересні 2020 р. приведені в таблиці 1.

Середній вміст інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих мешканців обстежених НП лежить у межах від 4,2 кБк у с. Старе Село до 7,4 кБк у с. Вежиця (середньорічна доза внутрішнього опромінення, обумовлена інкорпорацією ^{137}Cs, від 0,12 мЗв · рік$^{-1}$ до 0,21 мЗв · рік$^{-1}$ відповідно), у дітей середній вміст інкорпорованого ^{137}Cs лежить у межах від 1,6 кБк у с. Старе Село до 3,0 кБк у с. Дроздинь (середньорічна доза внутрішнього опромінення, обумовлена

in RCT population [8, 16-18]. Due to uneven accumulation of radionuclides during the year, primarily because of different diet in the autumn period (specifically the forest product consumption), the collection and analysis of food samples in previous years we carried out twice on year – in spring and autumn. In 2020, due to the quarantine because of COVID-19 pandemic, the collection of samples in selected villages in Rivne oblast was possible only once – in autumn. A total of 48 milk samples, 45 potato and vegetables samples, 35 wild product samples (13 samples of dried mushrooms, 8 samples of dried blueberries, 9 samples of cranberries, etc.) were collected. Interview on characteristics and levels of food consumption was conducted using the formalized questionnairy of authors' design (prepared in previous years) [17,18]. The 229 persons were interviewed in total i.e. 140 adults and 89 children.

Measurements of ^{137}Cs content in the product samples were performed on a SILENA gamma spectrometer. A 1 liter Marinelli vessel was used to determine the radionuclide content in milk and potato samples. Measurements of radionuclide content in fungal samples were made in the «Denta» geometry (Denta vessel) using 100 g of product. Particular attention was paid to determination of ^{90}Sr in food due to the fact of radioactive strontium contribution to the total dose of internal radiation increase over time. The ^{90}Sr content was measured in foodstuffs on a beta-spectrometer SEB-01 [22]. Sample preparation for ^{90}Sr measurements was performed in accordance with the respective guideline [23].

Measurements of the external radiation dose rate were performed in accordance with requirements of instructional and methodological documents [24, 25] by the method of pedestrian γ-survey. The ISS-05 «TERRA» dosimeter-radiometer was used.

RESULTS AND DISCUSSION

Data of WBC-monitoring in the settlements of Rokytne district surveyed in September 2020 are shown in table 1.

Average content of incorporated ^{137}Cs in adult residents of the surveyed settlements ranged from 4.2 kBq in Stare Selo village up to 7.4 kBq in the village of Vezhytsia (average annual internal radiation doses due to ^{137}Cs incorporation from 0.12 mSv · year^{-1} to 0.21 mSv · year^{-1}, respectively). Average content of incorporated ^{137}Cs in children ranged from 1.6 kBq in Stare Selo village up to 3.0 kBq in the village of Drozdin (average annual internal radiation doses

Таблиця 1

Результати моніторингу вмісту інкорпорованого ^{137}Cs та середньорічна доза внутрішнього опромінення, обумовлена інкорпорацією ^{137}Cs, в обстежених населених пунктах Рівненської області у 2020 р.

Table 1

Data of incorporated ^{137}Cs monitoring and average yearly internal radiation dose due to ^{137}Cs incorporation in the surveyed settlements of Rivne oblast in 2020

Населений пункт	Вікова група	Кількість обстежених	Вміст ^{137}Cs, кБк · організм$^{-1}$ / ^{137}Cs content, kBq · body^{-1}				Доза*, мЗв · рік$^{-1}$ / Dose,* mSv · year^{-1}	
Settlement	Age group	n	середнє mean	медіана median	90 % кв. 90 % quantile	максим. max.	середнє mean	максим. max.
Старе Село	Усі / All	171	2,7 ± 3,0	1,8	6,0	22,2	0,11	0,59
Stare Selo	Дорослі / Adults	75	4,2 ± 3,7	3,2	8,4	22,2	0,12	0,59
	Діти / Children	87	1,6 ± 1,7	1,1	3,4	12,9	0,09	0,44
Вежиця	Усі / All	156	4,4 ± 4,5	2,5	10,0	29,0	0,18	0,94
Vezhytsia	Дорослі / Adults	69	7,4 ± 7,1	5,1	16,4	29,0	0,22	0,94
	Діти / Children	87	2,1 ± 1,8	1,5	4,3	11,4	0,14	0,53
Переходичі	Усі / All	192	5,0 ± 5,0	3,5	10,6	39,9	0,18	1,24
Perekhodychi	Дорослі / Adults	109	7,1 ± 5,6	5,4	14,4	39,9	0,21	1,24
	Діти / Children	83	2,4 ± 1,2	2,0	4,4	12,1	0,14	0,65
Дроздинь	Усі / All	177	4,1 ± 3,5	2,9	7,9	21,4	0,17	0,58
Drozdyn	Дорослі / Adults	65	5,7 ± 4,2	4,4	11,5	21,4	0,18	0,58
	Діти / Children	112	3,0 ± 2,6	2,3	5,7	16,2	0,15	0,54

Примітка. *Доза внутрішнього опромінення розрахована за результатами ЛВЛ-вимірювань [19–21].
Note. *Internal radiation dose calculated according to WBC-measurement results [19–21].

інкорпорацією ^{137}Cs, від 0,09 мЗв · рік$^{-1}$ до 0,15 мЗв · рік$^{-1}$ відповідно).

Максимальне зареєстроване значення індивідуальної дози внутрішнього опромінення становить 1,24 мЗв · рік$^{-1}$ (мешканець с. Переходичі 1979 року народження) у дорослих та 0,65 мЗв · рік$^{-1}$ у дітей (мешканець с. Переходичі, 2006 року народження). 2,5 % обстежених мають дози внутрішнього опромінення вищі ніж 0,5 мЗв · рік$^{-1}$ (1,9 % – дорослі, 0,6 % – діти).

На рисунку 2 представлено статистичний розподіл значень індивідуального вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослого населення обстежених НП.

Всі розподіли подібні. Мають логнормальний характер, з затягнутим правим «хвостом», що свідчить про нерівномірність індивідуальних вмістів. Середні значення у 1,3–1,5 раза перевищують значення медіани. Тобто, в НП є значна частина мешканців зі значно більшими значеннями індивідуального вмісту, ніж основна частина населення. Особливо це виражено у с. Вежиця.

У результаті проведеного аналізу вікових особливостей формування доз внутрішнього опромінення можна зробити висновок, що рівні опромінення дорослих в обстежених НП вищі, ніж дітей, у 1,4 раза (таблиця 2), що очевидно пов'язано з більш вимогливим ставленням до дитячого раціону.

Окремо слід відзначити результати ЛВЛ-моніторингу дітей віком 1–2 роки. Було обстежено п'ятеро

due to ^{137}Cs incorporation from 0.09 mSv · year^{-1} to 0.15 mSv · year^{-1}, respectively).

The maximum recorded value of individual internal radiation dose was 1.24 mSv· year^{-1} in adults (village of Perekhodychi, resident born in 1979) and 0.65 mSv · year^{-1} in children (village of Perekhodychi, resident born in 2006). The 2.5% of subjects (1.9% of adults and 0.6% of children) have had internal radiation doses higher than 0.5 mSv · year^{-1}.

Figure 2 shows the statistical distribution of incorporated ^{137}Cs individual content in adult population of the surveyed settlements.

All the distribution patterns are of a lognormal shape with elongated right side «tail» indicating the uneven individual content. Average values were at that 1.3–1.5-fold exceeding the median ones. It means that there was a substantial part of residents with significant excess of individual content with especial relevance in Vezhytsia village vs. main part of population.

Review of the age peculiarities of internal radiation dose formation indicated that irradiation levels in adults in the surveyed settlements were 1.4 times higher than in children (Table 2), which was obviously due to a more demanding attitude to children's diet.

Results of the WBC-monitoring in children age 1–2 years should be noted separately. Five children

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

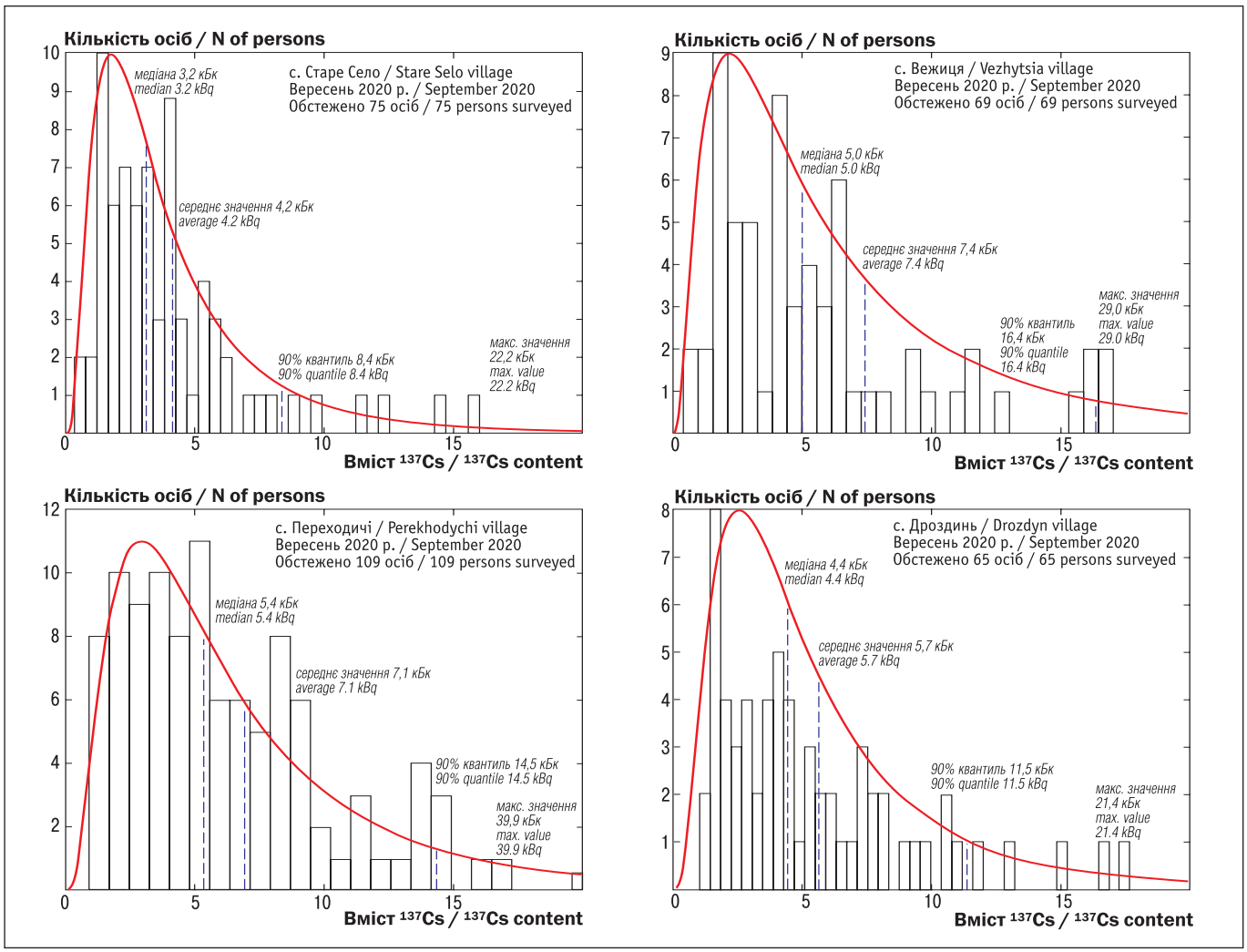

Рисунок 2. **Статистичний розподіл вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих мешканців обстежених населених пунктів Рівненської області у вересні 2020 р.**

Figure 2. **Statistical distribution of incorporated ^{137}Cs individual content in adult population of the surveyed settlements in Rivne oblast in fall of 2020.**

Таблиця 2

Середні значення питомого вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих та дітей в усіх обстежених НП Рокитнівського району Рівненської області у 2020 році

Table 2

Average specific content of incorporated ^{137}Cs in adults and children of all surveyed settlements in Rokytne district of Rivne oblast in 2020

Вікова група / Age group	Кількість осіб / n	Питомий вміст ^{137}Cs, Бк · кг$^{-1}$ / ^{137}Cs specific content, Bq · kg^{-1}				Доза*, мЗв · рік$^{-1}$ / Dose,* mSv · year^{-1}	
		середнє mean	медіана median	90 % кв. 90 % quantile	максим. max.	середнє mean	максим. max.
Дорослі / Adults	319	81 ± 69	61	163	547	0,184	1,24
Діти / Children	378	59 ± 41	48	112	287	0,133	0,65

Примітка. *Доза внутрішнього опромінення розрахована за результатами ЛВЛ-вимірювань [19–21].
Note. *Internal radiation dose calculated according to WBC-measurement results [19–21].

дітей 2018–2019 року народження. При досить невисоких вмістах радіоцезію в організмі (1,0–2,6 кБк), зважаючи на невелику вагу (від 11 кг до 18 кг), се-

born in 2018–2019 were examined. Along with a rather low content of radioactive cesium in the body (1.0–2.6 kBq) due to a low weight (from 11 kg to

Таблиця 3

Середні значення питомого вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у чоловіків і жінок в усіх обстежених НП Рівненської області у 2020 році

Table 3

Mean values of incorporated ^{137}Cs specific content in males and females from all surveyed settlements of Rivne oblast in 2020

Статева група / Age group	Кількість осіб / n	Питомий вміст ^{137}Cs, Бк · кг$^{-1}$ / ^{137}Cs specific content, Bq · kg^{-1}				Доза*, мЗв · рік$^{-1}$ / Dose,* mSv · year^{-1}	
		середнє mean	медіана median	90 % кв. 90 % quantile	максим. max.	середнє mean	максим. max.
Чоловіки / Males	118	100 ± 81	77	201	547	0,227	1,242
Жінки / Females	201	70 ± 57	53	139	415	0,158	0,941

Примітка. *Доза внутрішнього опромінення розрахована за результатами ЛВЛ-вимірювань [19–21].
Note. *Internal radiation dose calculated according to WBC-measurement results [19–21].

редньорічні дози внутрішнього опромінення лежать у межах від 0,13 мЗв · рік$^{-1}$ до 0,53 мЗв · рік$^{-1}$, середня – 0,24 мЗв · рік$^{-1}$, що майже вдвічі вище, ніж середнє значення для всього обстеженого дитячого контингенту 0,14 мЗв · рік$^{-1}$. При опитуванні було з'ясовано, що діти знаходяться частково на грудному годуванні, частково вживають молоко власного домогосподарства.

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

Питомий вміст інкорпорованого ^{137}Cs в організмі чоловіків варіюється у межах від 71 Бк · кг$^{-1}$ до 110 Бк · кг$^{-1}$, в організмі жінок – від 46 Бк · кг$^{-1}$ до 88 Бк · кг$^{-1}$. Середні рівні опромінення у чоловіків вищі, ніж у жінок у 1,4 раза, 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.

На рисунку 3 представлено зареєстровану нами динаміку середніх рівнів внутрішнього опромінення мешканців трьох НП, у яких були проведені ЛВЛ-дослідження впродовж 2011–2020 рр. – сс. Старе Село, Вежиця та Переходичі.

Восени 2020 р. зареєстровано зниження рівнів внутрішнього опромінення в усіх обстежених НП в 1,2–1,9 раза порівняно з результатами осіннього ЛВЛ-моніторингу 2017 р., що підтверджує попередню динаміку поступового зниження рівнів опромінення на поточному етапі аварії (у 1,2–1,7 раза від 2014 р. до 2017 р.) [17, 18].

Така ситуація пояснюється тим, що всі останні роки були надзвичайно сухі, малодощові. І населення з року в рік все менше збирає та вживає продуктів лісових угідь. Однак, дощі у 2020–2021 рр., за

18 kg) the average annual internal radiation doses ranged from 0.13 mSv · year^{-1} to 0.53 mSv · year^{-1} (mean 0.24 mSv · year^{-1}) which was almost twice higher than average value of 0.14 mSv · year^{-1} for the entire surveyed children's contingent. Interviewing the study subjects showed that children are partly breastfed and partly drink milk from their parents' own households.

To study the gender characteristics of internal radiation dose formation the results of WBC-measurements in all adult residents from the surveyed settlements were reviewed (Table 3).

Specific content of incorporated ^{137}Cs in the body varied from 71 Bq · kg^{-1} to 110 Bq · kg^{-1} in men and from 46 Bq · kg^{-1} to 88 Bq · kg^{-1} in women. Mean levels of irradiation in men were 1.4 times higher than in women, which was obviously due to higher proportion of muscle tissue and diet with a higher proportion of wildlife products in men than in women.

Figure 3 shows the time pattern of average levels of internal exposure in residents of three settlements (Stare Selo, Vezhytsia, and Perekhodychi villages) where the WBC-surveys were conducted in 2011–2020.

A 1.2–1.9-fold decrease of the internal radiation levels was registered in autumn 2020 in all surveyed settlements compared to results of the autumn WBC-monitoring in 2017, which confirmed the previous trend of radiation level gradual decrease at a current stage of the accident (1.2–1.7 times from 2014 to 2017) [17, 18].

This situation is explained by the fact that all recent years were extremely dry with scanty rainfalls. And every year the population had collected and consumed less and less forest products. However,

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

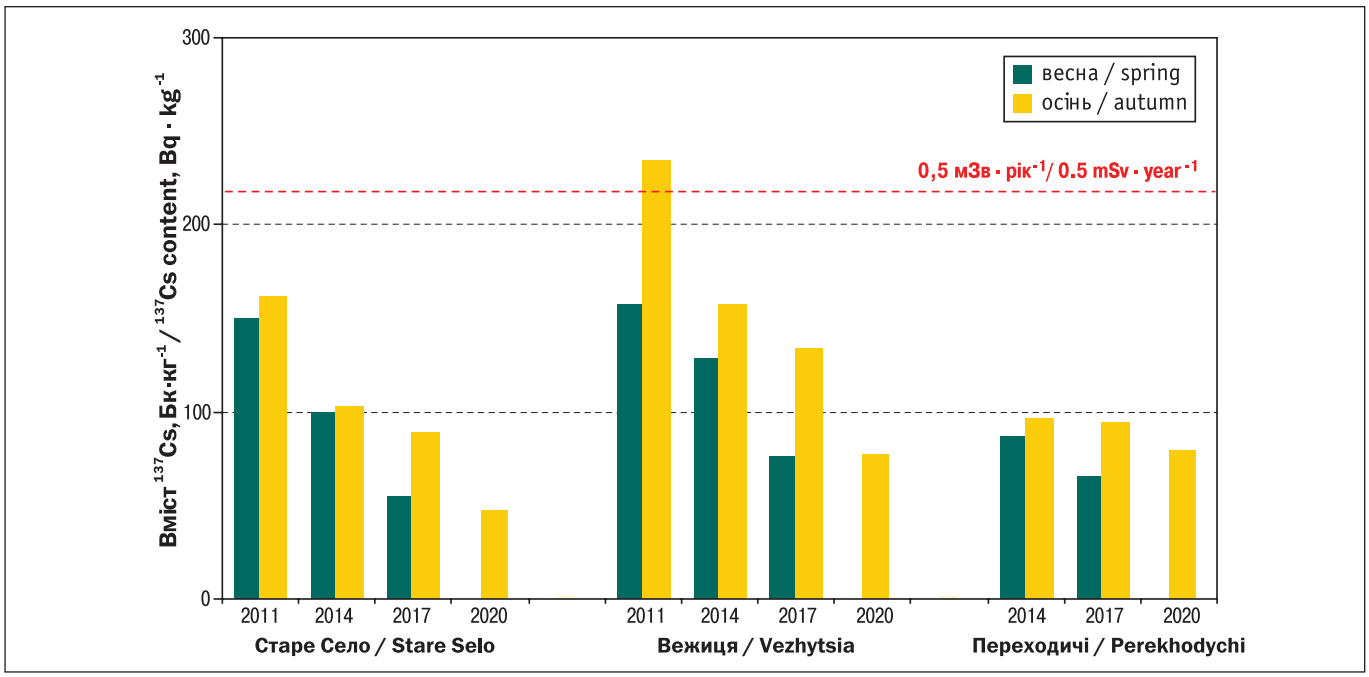

Рисунок 3. Динаміка середніх рівнів внутрішнього опромінення мешканців окремих НП Рокитнівського району Рівненської області впродовж 2011–2020 рр.

Figure 3. Time pattern of the mean levels of raiation exposure in residents of some settlements in Rokytne district Rivne oblast within 2011–2020.

свідченням місцевих мешканців, сприяють відновленню грибниць та «багатому врожаю» лісових продуктів, особливо грибів, що безумовно сприятиме підвищенню накопичень ^{137}Cs в організмі мешканців Рівненщини і, як результат, зростанню доз внутрішнього опромінення.

Окремо слід відзначити сезонне підвищення рівнів опромінення з весни по осінь, яке особливо виражене у 2017 році (1,4–1,8 раза). Складається ситуація, коли весняне суттєве зниження рівнів опромінення нівелюється сезонним підйомом. Значення середнього вмісту на осінь 2017 року сягає рівня 2014 року і практично зводить нанівець попередні досягнення. На жаль, у цьому році у зв'язку з карантином не вдалося провести ЛВЛ-моніторинг весною. І ми не маємо можливості оцінити сезонний чинник.

Аналіз структури та динаміки споживання харчових продуктів населенням обстежених НП у 2014–2020 рр. виявив, що найбільшу частину раціону становлять молочні (331 г · доба$^{-1}$), овочеві (247 г · доба$^{-1}$ – картопля, 323 г · доба$^{-1}$ - овочі), м'ясні (222 г · доба$^{-1}$) продукти майже виключно з приватного домогосподарства та хлібобулочні продукти (290 г · доба$^{-1}$), які переважно (69 % від усіх) виробляються у приватних або місцевих домогосподарствах при поступовому незначному зниженні рівнів споживання практично усіх груп продуктів, як домашніх, так і придбаних у торговій мережі.

rains in 2020–2021, according to local residents, contributed to restoration of mushroom spawns and «rich harvest» of the forest products, especially mushrooms, which will certainly predispose to increase of ^{137}Cs accumulation in the bodies of Rivne oblast residents and, as a result, to increase of internal radiation doses.

The seasonal increase in radiation levels from spring to autumn, which was particularly pronounced in 2017 (1.4–1.8-fold), should be specifically noted. There was a situation when the significant spring decrease in radiation levels was offset by a seasonal rise. Value of an average content for the fall of 2017 reached the level of 2014 and virtually nullified the previous achievements. Unfortunately, due to quarantine this year, it was not possible to conduct the WBC-monitoring in spring. And there was no opportunity to assess the seasonal factor.

Review of structure and time pattern of the food consumption by population of surveyed settlements in 2014–2020 showed that the largest part of diet consisted of dairy products (331 g · day^{-1}), vegetables (247 g · day^{-1} of potatoes, 323 g · day^{-1} of vegetables), and meat foodstuffs (222 g · day^{-1}) almost exclusively from private households, and bakery products (290 g · day^{-1}) mainly (69% of all) produced in private or local households, along with a slight gradual reduce of consumption of almost all groups of products, both domestic and commercially available.

Таблиця 4

Середній вміст ^{137}Cs у пробах молока в обстежених населених пунктах навесні та восени 2011–2020 рр.

Table 4

Mean ^{137}Cs content in milk samples collected in surveyed settlements in spring and fall of 2011–2020

Населений пункт / Settlement	Середнє значення вмісту ^{137}Cs, Бк · л$^{-1}$ / ^{137}Cs average content, Bq · l^{-1}						
	2011		2014		2017		2020
	травень May	вересень September	травень May	жовтень October	травень May	жовтень October	вересень September
Старе Село / Stare Selo	496 ± 145	187 ± 63	280 ± 81	193 ± 63	205 ± 107	121 ± 75	142 ± 75
Вежиця / Vezhytsia	458 ± 157	155 ± 76	337 ± 83	165 ± 60	188 ± 44	124 ± 72	185 ± 80
Дроздинь / Drozdyn	–	–	–	–	–	–	162 ± 43
Переходичі / Perekhodychi	–	–	219 ± 101	140 ± 30	121 ± 51	90 ± 65	134 ± 43

Встановлено, що у 76 % проб молока, зібраних в обстежених НП, вміст ^{137}Cs перевищує допустимий рівень 100 Бк · л$^{-1}$ (Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006) до 4 разів [24]. Максимальне зареєстроване значення становить 363 Бк · л$^{-1}$.

Значення середнього по НП вмісту ^{137}Cs у пробах молока, відібраних у різні пори року у 2011, 2014, 2017 роках та восени 2020 року, приведені в таблиці 4. За результатами досліджень 2020 р. вони лежать у межах від 134 Бк · л$^{-1}$ до 185 Бк · л$^{-1}$ і перевищують ДР 100 Бк· л$^{-1}$.

Вміст ^{137}Cs у весняних пробах молока в обстежених НП з 2011 р. по 2017 р. зменшується на тлі чітко вираженої сезонної залежності забрудненості молока радіоцезієм. Ймовірно, це обумовлено особливістю сінокосів і концентруванням ^{137}Cs у сіні. Рівні забруднення молока радіоцезієм восени в останні роки залишаються практично незмінними, такими, що перевищують допустимий рівень ГН 6.6.1.1-130-2006 [24].

Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах молока в обстежених населених пунктах Рокитнівського району Рівненської області у 2011–2020 рр. представлена на рисунку 4.

Другим важливим основним продуктом харчування мешканців Полісся є картопля та овочі. Динаміка середнього вмісту ^{137}Cs у пробах картоплі в обстежених НП Рівненської області у 2011–2020 рр., приведена в таблиці 5, свідчить про зниження вмісту у 2020 р.

В жодній зібраній пробі картоплі та овочів вміст ^{137}Cs не перевищив допустимий рівень 60 Бк · кг$^{-1}$ і лежить у межах від 1,1 Бк · кг$^{-1}$ до 34,2 Бк · кг$^{-1}$ (рисунок 5).

Вміст ^{90}Sr у досліджених пробах молока та картоплі значно нижчий допустимого рівню 20 Бк · л$^{-1}$, і не вносить суттєвий вклад у формування дози внутрішнього опромінення.

Дослідження продуктів лісових угідь показали, що, як і у минулі роки, найбільш забрудненими

It was found that ^{137}Cs content exceeded the permissible level (PL) of 100 Bq · l^{-1} (Hygienic standard GN 6.6.1.1-130-2006) up to 4 times in 76% of milk samples collected in the surveyed settlements [24]. The maximum-recorded value was 363 Bq · l^{-1}.

Values of the average by the settlement content of ^{137}Cs in milk samples taken at different times of year in 2011, 2014, 2017, and fall 2020 are shown in Table 4. According to the results of studies in 2020 they ranged from 134 Bq · l^{-1} to 185 Bq · l^{-1} exceeding the 100 Bq · l^{-1} PL.

The ^{137}Cs content in milk samples from the surveyed settlements collected in spring since 2011 till 2017 was decreasing against the background of a clear seasonal dependence of milk contamination with radioactive cesium. That was probably due to the haymaking peculiarities and ^{137}Cs concentration in hay. Levels of milk contamination by radioactive cesium last years in autumn remained virtually unchanged, exceeding the permissible level of GN 6.6.1.1-130-2006 [24].

Time pattern of ^{137}Cs content in milk samples from the surveyed settlements of Rokytne district Rivne oblast in 2011–2020 is presented in Figure 4.

Vegetables and potatoes are the another important staple foodstuffs of Polissya region residents. Time pattern of the average ^{137}Cs content in potato samples in the surveyed settlements of Rivne oblast in 2011–2020 is shown in Table 5, indicating a decreased content in 2020.

The ^{137}Cs content did not exceed the permissible level of 60 Bq · kg^{-1} in any collected sample of potatoes and vegetables and ranged from 1.1 Bq · kg^{-1} to 34.2 Bq · kg^{-1} (Fig. 5).

The ^{90}Sr content in the studied samples of milk and potatoes was much lower than permissible level of 20 Bq · l^{-1} making no significant contribution to the formation of internal radiation dose.

Studies of the forest products have shown that, as in previous years, wild mushrooms, especially dried

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

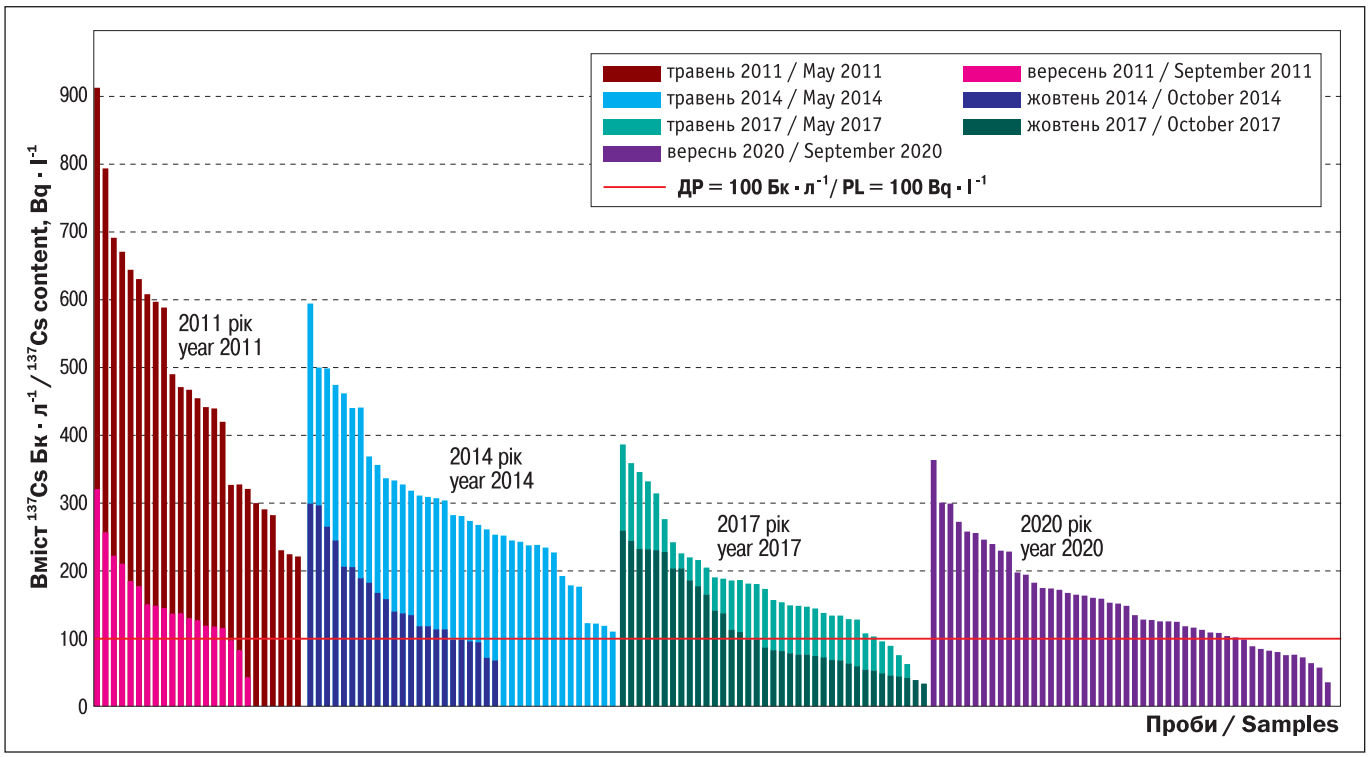

Рисунок 4. Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах молока в обстежених населених пунктах Рокитнівського району Рівненської області у 2011–2020 рр.

Figure 4. Time pattern of ^{137}Cs content in milk samples from surveyed settlements of Rokytne district Rivne oblast in 2011–2020.

Таблиця 5

Середній вміст ^{137}Cs у пробах картоплі в обстежених населених пунктах Рівненської області у 2011–2020 рр.

Table 5

Mean ^{137}Cs content in potato samples from surveyed settlements of Rivne oblast in 2011–2020

Населений пункт / Settlement	Середнє значення вмісту ^{137}Cs, Бк · кг$^{-1}$ / ^{137}Cs average content, Bq · kg^{-1}						
	2011		2014		2017		2020
	травень May	вересень September	травень May	жовтень October	травень May	жовтень October	вересень September
Старе Село / Stare Selo	24 ± 10	27 ± 12	23 ± 11	18 ± 5	18 ± 8	14 ± 4	9 ± 5
Вежиця / Vezhytsia	24 ± 7	19 ± 7	24 ± 9	20 ± 6	21 ± 9	18 ± 7	10 ± 8
Дроздинь / Drozdyn	–	–	–	–	–	–	16 ± 4
Переходичі / Perekhodychi	–	–	31 ± 14	22 ± 10	13 ± 6	12 ± 6	5 ± 2

радіонуклідами продуктами дикої природи є лісові гриби, особливо сушені, вміст ^{137}Cs в яких, значно перевищує допустимий рівень 2,5 кБк · кг$^{-1}$ для сушених дикорослих грибів та ягід. Значення вмісту лежать у межах 3,6–36 кБк · кг$^{-1}$.

Динаміка значень вмісту ^{137}Cs у пробах сушених грибів в обстежених населених пунктах Рівненської області у 2011–2020 рр., приведена на рисунку 6, свідчить про високий та практично незмінний з роками вміст ^{137}Cs, що природно, обумовлюватиме високі інкорпорації ^{137}Cs при їх вживанні у мешканців обстежених НП.

Значення вмісту ^{137}Cs у пробах чорниць сушених варіюється у межах від 0,83 кБк · кг$^{-1}$ до 5,4 · кг$^{-1}$.

ones, remained the most contaminated with radionuclides wildlife products the content of ^{137}Cs in which significantly exceeded a permissible level of 2.5 kBq · kg^{-1} for dried wild mushrooms and berries. Values of the content here were in the range of 3.6–36 kBq · kg^{-1}.

Time pattern of ^{137}Cs content in samples of dried mushrooms from the surveyed settlements of Rivne oblast in 2011–2020 is shown in Figure 6, indicating the high and almost unchanged over years ^{137}Cs content, which, of course, will cause high incorporation of ^{137}Cs when dried mushrooms consumed by the residents of studied settlements.

Values of ^{137}Cs content in samples of dried blueberries varied from 0.83 kBq · kg^{-1} to 5.4 kBq · kg^{-1}. An

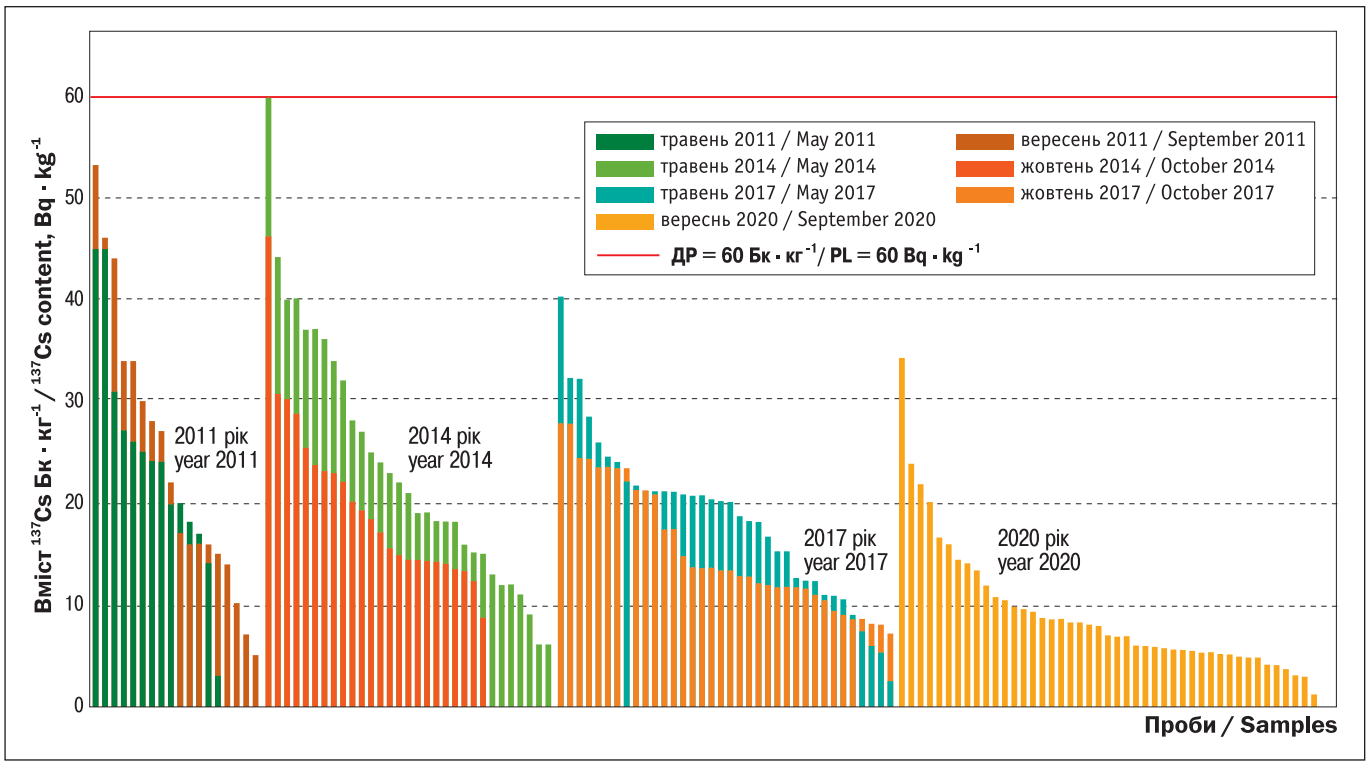

Рисунок 5. Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах картоплі в обстежених населених пунктах Рокитнівського району Рівненської області у 2011–2020 рр.

Figure 5. Time pattern of ^{137}Cs content in potato samples from surveyed settlements of Rokytne district Rivne oblast in 2011–2020.

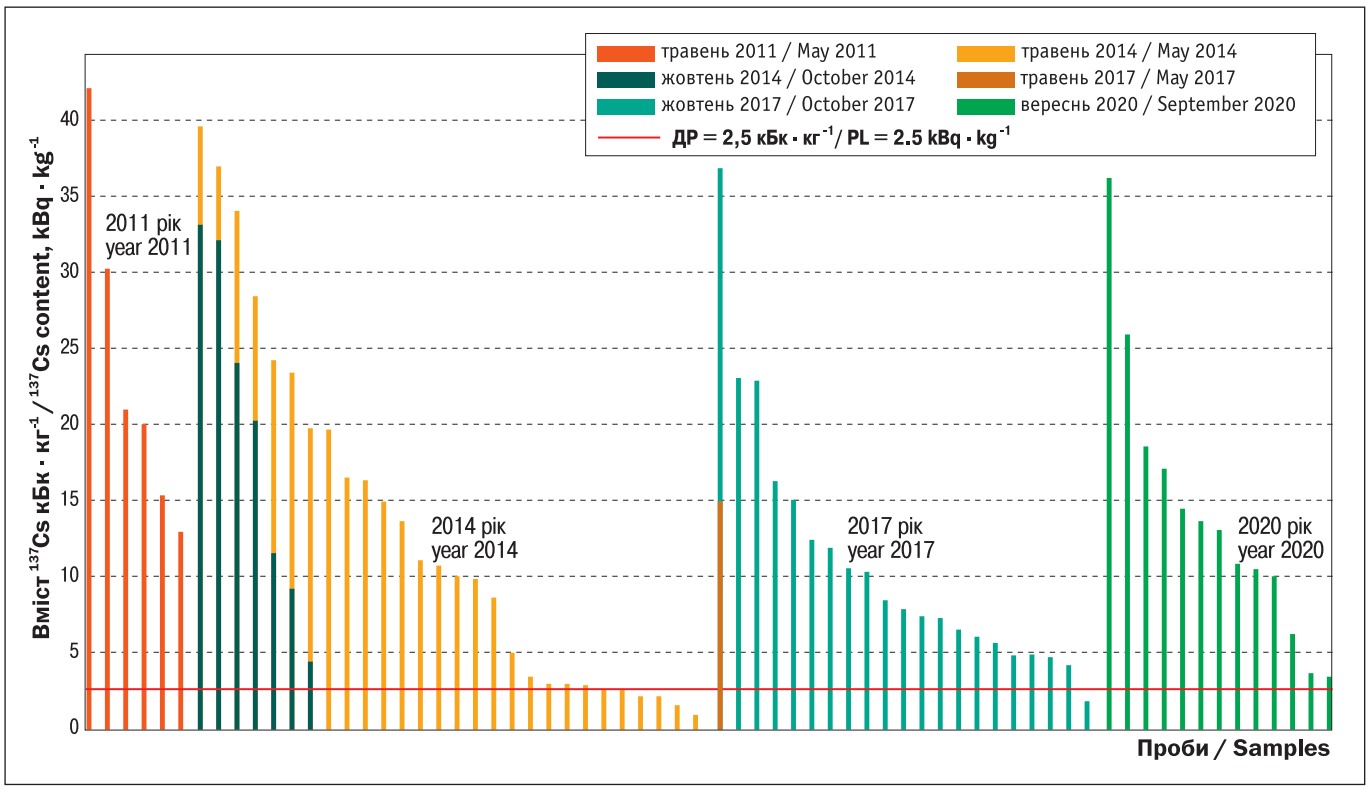

Рисунок 6. Динаміка вмісту ^{137}Cs у пробах сушених лісових грибів, зібраних у мешканців обстежених населених пунктів Рівненської області у 2011–2020 рр.

Figure 6. Time pattern of ^{137}Cs content in dried wild mushrooms collected in population of surveyed settlements in Rivne oblast in 2011–2020.

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

Тільки в одній пробі чорниць сушених (господарство с. Переходичі) виявлено перевищення вмісту ^{137}Cs, який становить 5,4 кБк · кг$^{-1}$, над ДР – 2,5 кБк · кг$^{-1}$. Слід зазначити, що вміст ^{137}Cs у чорницях сушених цього господарства у 2017 році також перевищував ДР для сушених продуктів дикої природи і був найбільшим серед зібраних нами проб сушених ягід (6,3 кБк · кг$^{-1}$) [18]. Не виявлено перевищень ДР у зібраних пробах морожених ягід чорниць та варення.

Вміст ^{137}Cs в усіх зібраних пробах журавлини не перевищує ДР 0,5 кБк · кг$^{-1}$. Максимально зареєстроване значення вмісту ^{137}Cs в журавлині становить 0,36 кБк · кг$^{-1}$, що нижче ДР для сирих та заморожених лісових ягід. Вдалося зібрати одну пробу маринованих грибів (господарство с. Переходичі). Вміст ^{137}Cs у них (0,43 кБк · кг$^{-1}$) також не перевищує ДР, що свідчить про обізнаність місцевих мешканців щодо кулінарної обробки лісових грибів та ягід для видалення з них радіонуклідів.

Проведені нами прямі вимірювання потужності дози зовнішнього опромінення в повітрі в НП Рокитнівського району Рівненської області показали, що радіаційний фон в обстежуваних НП у 2020 р. лежить у межах від 0,09 мкЗв · год$^{-1}$ до 0,12 мкЗв · год$^{-1}$. Розраховані значення річних ефективних доз зовнішнього опромінення населення становлять 231–285 мкЗв · рік$^{-1}$, що нижче оцінок середніх значень доз зовнішнього опромінення населення колишнього Радянського Союзу у 1981–1985 рр. за рахунок природного радіаційного фону (300–650 мкЗв · рік$^{-1}$) [27–30]. На жаль, отримані нами результати неможливо порівняти зі значеннями 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 0,82) 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 сьогоднішній день значень щільності радіоактивних випадінь та параметрів вертикальної міграції радіонуклідів.

ВИСНОВКИ

Проведений у 2020 р. комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг НП Рокитнівського району Рівненської області – сс. Старе Село, Вежиця, Переходичі, Дроздинь, показав, що річні ефективні дози опромінення населення в обстежуваних населених

excess of ^{137}Cs content was detected only in one sample of dried blueberries (from farm in Perekhodychi village), namely 5.4 kBq · kg^{-1}, exceeding the PL of 2.5 kBq · kg^{-1}. It should be noted that the ^{137}Cs content in dried blueberries from this farm in 2017 also exceeded the PL for the dried wild products and was the highest one among samples of dried berries collected by us (6.3 kBq · kg^{-1}) [18]. No exceedances of PL were detected in the collected samples of either frozen blueberries or jam.

The ^{137}Cs content in all collected samples of cranberries was not exceeding the PL of 0.5 kBq · kg^{-1}. The maximum-recorded value of ^{137}Cs content in cranberries was 0.36 kBq · kg^{-1}, i.e. lower than the PL for raw and frozen berries. It was managed to collect the one sample of marinated mushrooms (from the farm in Perekhodychi village). The ^{137}Cs content in it (0.43 kBq · kg^{-1}) also was not exceeding the PL, indicating the awareness of local residents about culinary processing of wild mushrooms and berries to remove radionuclides from them.

Direct measurements of external radiation dose rate in the air of settlements in Rokytne district Rivne oblast showed the radiation background level in the studies settlements in 2020 ranging from 0.09 μSv · h^{-1} to 0.12 μSv · h^{-1}. Calculated values of the annual effective external radiation doses in population were 231–285 μSv · year^{-1} being lower than the estimates of the mean external radiation dose values from natural radiation background (300–650 μSv · year^{-1}) in population of the former Soviet Union in 1981–1985 period [27–30]. Unfortunately, the obtained data cannot be compared with the values of doses in the inspected settlements before the ChNPP accident, as there are no such data. On the other hand, a strong correlation (correlation coefficient of 0.82) was established in the surveyed settlements between the density of ^{137}Cs radioactive fallout after the ChNPP accident and the determined annual external radiation doses. Such results indicate a need of research on the natural determination of actual and current values of radioactive fallout density both with parameters of vertical migration of radionuclides.

CONCLUSIONS

Comprehensive radiation and hygienic monitoring of the Rokytne district Rivne oblast settlements Stare Selo, Vezhytsia, Perekhodychi, and Drozdyn villages conducted in 2020 had shown the annual effective radiation doses in population of surveyed settlements

пунктах в поточному році формуються в основному за рахунок доз внутрішнього опромінення і не перевищують 1,24 мЗв · рік$^{-1}$ у дорослих та 0,65 мЗв · рік$^{-1}$ у дітей при критерію РЗТ 1 мЗв · рік$^{-1}$.

Зареєстровано подальше зниження річних доз внутрішнього опромінення в обстежених НП у 1,2–1,9 раза порівняно з результатами осіннього ЛВЛ-моніторингу 2017 року, що підтверджує зареєстровану нами динаміку поступового зниження рівнів опромінення на поточному етапі аварії на ЧАЕС від 2011 р.

Основним чинником, який формує дозу внутрішнього опромінення мешканців обстежених НП Рівненської області, залишається надходження ^{137}Cs в організм з молоком та лісовими грибами, які в Рівненському Поліссі традиційно займають суттєву частину харчового раціону. Забруднення цих продуктів ^{137}Cs в останні роки залишається незмінно вище допустимого рівня. Зменшення грибів в лісах Рівненщини в останні роки пояснює зниження рівнів внутрішнього опромінення населення досліджуваних територій. Водночас зрозуміло, що у багатий на врожай продуктів дикої природи рік, існує велика ймовірність значного підвищення рівнів внутрішнього опромінення за рахунок надходження ^{137}Cs з продуктами лісових угідь, насамперед грибами, особливо, сушеними. Усе вищенаведене свідчить про необхідність постійного радіаційного контролю у НП РЗТ Рівненщини щодо радіоактивного забруднення основних харчових продуктів – молока, картоплі, і продуктів лісового походження – грибів та ягід, на вміст радіонуклідів, у першу чергу ^{137}Cs, та ЛВЛ-моніторингу населення.

Аналіз річних ефективних доз зовнішнього опромінення свідчать про необхідність проведення наукових досліджень щодо натурного визначення фактичних, актуальних на сьогоднішній день значень щільності радіоактивних випадінь та параметрів вертикальної міграції радіонуклідів.

this year being formed mainly due to internal irradiation and not exceeding 1.24 mSv · year^{-1} in adults and 0.65 mSv · year^{-1} in children against the RCT criterion of 1 mSv · year^{-1}.

Further 1.2-1.9-fold reduction of the annual internal radiation doses was registered in the surveyed settlements compared to the results of autumn 2017 WBC-monitoring, which confirmed the time trend of gradual reduction of radiation levels at the current period of the ChNPP accident since 2011.

The ^{137}Cs incorporation with milk and wild mushrooms, which traditionally occupy a significant part of the diet in Rivne Polissya area, is the principal dose-forming factor of internal radiation dose in the residents of surveyed settlements of Rivne oblast. Contamination of these products with ^{137}Cs in recent years remains consistently above the permissible levels. Shortening of mushroom prevalence in the forests of Rivne oblast in recent years explains the decrease of internal exposure levels in population of the studied territories. At the same time, there is a clearly high probability of significant increase of internal radiation levels due to the ^{137}Cs intake with forest products, especially mushrooms and first of all dried ones within a year rich in wild product harvest. All of the above indicates the need for permanent radiological control of radioactive contamination of staple foodstuffs (i.e. milk, potato) and forest products – mushrooms and berries with radionuclides, primarily ^{137}Cs, and WBC-monitoring of population in the settlements of RCT in Rivne oblast.

Review of the annual effective external radiation doses indicates the need to conduct a research in the field of determination of actual and current values of radioactive fallout density and parameters of vertical migration of radionuclides.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Науменко А. С., Макарчук О. В., Костенко О. В. Радіологічний стан сільськогосподарських угідь українського полісся. *Агроекологічний журнал*. 2016. Т. 1, № 1. С. 107–111.
2. Оцінка радіоактивного забруднення продуктів харчування рослинного та тваринного походження в північних районах Рівненської області / В. І. Гущук, Р. М. Сачук, С. М. Катюха та ін. *Ветеринарна біотехнологія*. 2016. № 28. С. 62–68.
3. Лико С. М., Портухай А. И. Экологическое состояние почв сенокосов и пастбищ наиболее загрязненных территорий Ровенской области. *Вісник дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. Днепропетровск: Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет. 2012. № 1. С . 62–66.

REFERENCES

1. Naumenko AS, Makarchuk OV, Kostenko OV. [Radiological state of agricultural lands of Ukrainian Polissya]. *Agroecological J.* 2016;1(1):107-111. Ukrainian.
2. Guschuk VI, et al. [Assessment of radioactive contamination of food of plant and animal origin in the northern regions of Rivne oblast]. *Veterinary biotechnology.* 2016;:62-68. Ukrainian.
3. Lyko SM, Portuhai AI. [Ecological state of hayfield and pasture soils of the most polluted territories of Rivne oblast]. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*. 2012;1:62-66. Russian.
4. Law of Ukraine «On the legal regime of the territory subject to radioactive contamination as a result of the Chornobyl disaster».

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

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: 02.10.2020).
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: 02.10.2020).
6. Комов О. Д., Гущук І. В. Рівненщина та Чорнобильська аварія, 30 років потому. Рівне-Острог, 2016, - 128 с.
7. Стан радіоактивного забруднення продуктів харчування та особливості їх споживання жителями найбільш радіоактивно забруднених територій України у віддалений період ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи / М. І. Омельянець, Н. В. Півень, Н. В. Гунько, Н. В. Короткова, В. Д. Срібна // *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології.* 2014. Вип. 19. С. 126–135.
8. 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.
9. Сучасний радіаційний стан на с/г угіддях України. Експериментальні дані УкрНДІСГР НУБіП України по вмісту ^{137}Cs в пробах незбираного молока, картоплі, грибів та ягід в ОСГ населених пунктів Рівненської, Житомирської областей. URL: http://uiar.org.ua/Russ (дата звернення 20.09.2017).
10. Чернобильская катастрофа. Київ : Наукова думка, 1995 559 с.
11. Л.Ф. Щелкунов, М. С. Дудкин, В. Н. Корзун. Пища и екология. Одеса : Optimum, 2000. 516 с.
12. І.А. Ліхтарьов, В.В. Василенко, М.Я. Циганков та ін. Дози опромінення. *Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986–2011* : монографія / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. Тернопіль : ТДМУ, 2011. С. 35–64.
13. Василенко В. В. Радіологічні та медичні наслідки Чорнобильської катастрофи. Дози опромінення населення. *25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього.* Київ : КІМ, 2011. С. 116–125.
14. Федірко П. А., Гарькава Н. А. Закономірності розвитку судинної патології сітківки у віддаленому періоді після радіаційного впливу. *Офтальмол. журн.* 2016. № 6. С. 24–28.
15. Sergienko N. M., Fedirko P. Accommodative function of eyes in persons exposed to ionizing radiation. *Ophthal. Research.* 2002. V. 34 (4), P. 192–194.
16. 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
17. Вивчення особливостей формування доз внутрішнього опромінення населення радіоактивно забруднених територій, обумов-

Bulletin of the Verkhovna Rada of the Ukraininan 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 Chornobyl accident». *Bulletin of the Verkhovna Rada of the Ukraininan SSR (BVR).* 1991;16:200. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12 (accessed: 02.10.2020).
6. Komov OD, Guschuk IV. [Rivne oblast and the Chornobyl accident, 30 years upon]. Rivne-Ostrog. 2016; 128 p. Ukrainian.
7. Omelyanets MI, et al. [Foodstuff contamination and pattern of consumption by population of foremost radioactively contaminated territories in Ukraine during the remote period of the Chornobyl disaster clean-up]. *Probl Radiat Med Radiobiol.* 2014;19:126-135. Ukrainian.
8. 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.
9. [Contemporary radiological situation on the farming lands in Ukraine. Experimental data of UkrNDISGR NUBiP of Ukraine on the content of ^{137}Cs in whole milk, potato, mushroom, and berry samples in the settlements of Rivne and Zhytomyr oblasts]. URL: http://uiar.org.ua/Russ (accessed 20.09.2017). Ukrainian.
10. [Chornobyl Disaster]. Kyiv: Naukova Dumka Publ. 1995; 559 p. Russian.
11. Schelkunov LF, Dudkin MS, Korzun VN. [Foof and Ecology]. Odessa, Optimum Publ. 2000; 516 p. Russian.
12. Likhtariov IA, et al. Radiation doses. In: Serduk AM, Bebeshko VG, Bazyka DA, editors. [Health effects of Chornobyl disaster: 1986–2011]. Ternopil: TDMU; 2011. p. 35-64. Ukrainian.
13. Vasilenko VV. [Radiological and health consequences of the Chornobyl disaster. Radiation doses in population]. In: *25 years of the Chernobyl disaster. Security of the future.* Kyiv, KIM Publ. 2011:116-125. Ukrainian.
14. Fedirko PA, Garkava NA. [Patterns of development of retinal vascular disorders in the late period after radiation exposure]. *Ophthalmology J.* 2016;6:24-28. Ukrainian.
15. Sergienko NM, Fedirko P. Accommodative function of eyes in persons exposed to ionizing radiation. *Ophthal Res.* 2002;34(4): 192-194.
16. [Study of peculiarities of internal radiation dose formation in RCT population in the late period of ChNPP accident on the basis of introduction of optimized system of internal radiation dose control due to ^{137}Cs, ^{90}Sr incorporation]. *SI «NRSRM of AMS of Ukraine» Close-out Scientific Report.* Theme #484. Nyechayev SU, Head in Charge. Kyiv, 2012; 91 p. State Registration #0110U000172. Ukrainian.
17. [Study of peculiarities of internal radiation dose formation in population of radioactively contaminated areas due to ^{137}Cs, ^{90}Sr incorporation, based on comprehensive radiation monitoring at the current stage of the ChNPP accident]. *SI «NRSRM of AMS of*

лених 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

18. 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.
19. Оценка доз внутреннего облучения населения за счет радиоцезия с использованием счетчиков излучения человека : методические рекомендации. НЦРМ АМН Украины. Киев, 1994. 19 с.
20. Проведение измерений с использованием счетчиков излучения человека при дозиметрической паспортизации населенных пунктов Украины : методические рекомендации. МинЧернобыль Украины. НЦРМ АМН Украины. Київ, 1996. 73 с.
21. 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.
22. 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.
23. Санітарний контроль за вмістом радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища : методичні рекомендації. Під ред. А. Н. Марея, А. С. Зикової. Москва, 1980. С. 335.
24. Руководство по методам контроля радиоактивности окружающей среды / под ред. И. А. Соболева, Е. Н. Беляева. М. : Медицина, 2002. 432 с.
25. Израэль Ю. А. Инструкция по отбору проб почв при радиационном обследовании загрязнения местности. *Межведомственная комиссия.* 1987. 7 с.
26. 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.
27. Бадяев В. В., Егоров Ю. А., Казаков С. В. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. М. : Энергоатомиздат, 1990. 224 с.
28. Булдаков Л. А. Радиоактивные вещества и человек. М. : Энергоатомиздат, 1990. 160 с.
29. Практическое пособие санитарного врача по радиационной гигиене / под ред. М. И. Костецкого. Запорожье : Министерство здравоохранения Украины, Запорожская обласная санитарно-эпидемиологическая станция, 2002. 79 с.
30. Ильин Л. А., Кириллов В. Ф., Коренков И. П. Радиационная гигиена : учебник для вузов. М., 2010. 384 с.

Ukraine» Close-out Scientific Report. Theme #533. Vasilenko VV, Nyechayev SU, Heads in Charge. Kyiv, 2015; 137 p. State Registration #0113U002324. Ukrainian.

18. [Comprehensive radiation and hygienic monitoring of some settlements on the radiologically contaminated territories of Ukraine during 2016–2018 to assess and clarify the population radiation doses]. *SI «NRSRM of AMS of Ukraine» Close-out Scientific Report.* Theme #572. Vasilenko VV, Nyechayev SU, Heads in Charge. Kyiv, 2018; 232 p. State Registration #0116U002477. Ukrainian.
19. [Assessment of doses of internal exposure of population due to radioactive cesium using whole body counters: the methodological recommendations]. SCRM of AMS of Ukraine. Kyiv, 1994; 19 p. Russian.
20. [Carrying out of measurements using whole-body counters for dosimetric certification of settlements in Ukraine: the methodological recommendations]. MinChornobyl of Ukraine. SCRM of AMS of Ukraine. Kyiv, 1996; 73 p. Russian.
21. Nyechayev SU, et al. [Monitoring of internal radiation doses of population at the late stage of the Chornobyl accident using whole-body counters]. Kyiv: SI «SCRM of AMS of Ukraine», 2010; 24 p. Ukrainian.
22. Babenko VV, Kazimirov OS, Rudik OF. [Activity of beta-emitting radionuclides in counting samples. Measurement technique using scintillation spectrometers and software.] Russian.
23. Marey AN, Zykova AS, editors. [Sanitary control of content ofradioactive substances in the environment: guidelines]. Moscow; 1980. p. 335. Russian.
24. Sobolev IA, Byelyeyev YeN, editors. [Guide to methods forradioactivity monitoring in the environment]. Moscow: Medicina Publ; 2002. 432 p. Russian.
25. Izrael YuA. [Instructions for soil sampling during radiation surveyof locality contamination]. Interdepartmental Commission; 1987. 7 p. Russian.
26. [Permissible levels of 137Cs, 90Sr radionuclide content in food:Hygienic standard HS 6.6.1.1-130-2006]. Kyiv: MH of Ukraine; 2006. 22 p. Ukrainian.
27. Badyayev VV, Yegorov YuA, Kazakov SV. [Environmental protection during NPP operation]. Moscow: Energoatomizdat Publ; 1990. 224 p. Russian.
28. Buldakov LA. [Radioactive substances and human]. Moscow: Energoatomizdat Publ; 1990. 160 p. Russian.
29. Kostetskiy MI, editor. [Practical guide for a sanitary doctor on radiation hygiene]. Zaporozhye: Ministry of Health of Ukraine, Zaporizhzhya Regional Sanitary and Epidemiological Station; 2002. 79 p. Russian.
30. Ilyin LA, Kirillov VF, Korenkov IP. [Radiation hygiene]. University and College Textbook. Moscow; 2010. 384 p. Russian.

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021. Вип. 26.

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

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

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

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

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

Волкернюк Тимофій Олександрович, начальник центрально-випробувальної лабораторії, Науково дослідний інститут радіаційного захисту Академії технологічних наук України, м. Київ

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

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

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

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

Tymofii O. Volkerniuk, Head of the central testing laboratory, Ukraine Radiation Protection Institute, Academy of Technologicas Sciences of Ukraine, 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

Стаття надійшла до редакції 21.09.2021 *Received: 21.09.2021*