

УДК: 614.7:614.876:504.054:615.849.5:613.2

В. В. Василенко✉, С. Ю. Нечаєв, М. Я. Циганков, В. О. Пікта, Г. М. Задорожна,
М. С. Курята, Л. О. Литвинець, Л. П. Міщенко, Т. Ф. Бабенко

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

РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ОКРЕМИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2017 р.

Мета. Визначення основних факторів формування опромінення мешканців обстежених населених пунктів радіоактивно забруднених територій Рівненської області та оцінка доз опромінення населення на поточному етапі аварії.

Матеріал і методи. Проведено комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг у семи населених пунктах Рокитнівського району Рівненської області – сс. Старе Село, Вежиця, Переходичі, Дроздинь, Березове, Заболоття, Грабунь. Двічі на рік, у травні та жовтні, у мешканців цих населених пунктів 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 та висновки. Річні ефективні дози опромінення населення в обстежуваних населених пунктах Рівненської області в поточному році формуються за рахунок доз внутрішнього опромінення, які варіюються в межах від $0,13 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ до $0,32 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, що нижче критерію радіоактивно забруднених територій. Встановлено, що основним фактором, який формує дозу внутрішнього опромінення, є надходження ^{137}Cs в організм мешканців з такими основними продуктами харчування, як молоко та лісові продукти, насамперед, гриби, які в Поліському регіоні традиційно займають суттєву частину харчового раціону. Вміст ^{137}Cs у переважній частині проб молока і грибів значно перевищує допустимі рівні (ДР). Максимальний зареєстрований вміст ^{137}Cs у зібраних пробах молока становить $384,7 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, що у 4 рази вище ДР, у сушених грибах – $36,9 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ – у 15 разів вище ДР.

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

Ключові слова: внутрішнє опромінення, зовнішнє опромінення, комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг, лічильник випромінювання людини, вміст ^{137}Cs , ^{90}Sr , продукти харчування, доза опромінення.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2018. Вип. 23. С. 139–152. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-139-152.

V. V. Vasylenko✉, S. Yu. Nechaev, M. Ya. Tsigankov, V. O. Pikta, G. M. Zadorozhna, M. S. Kuriata, L. O. Lytvynetz, L. P. Mischenko, T. F. Babenko

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

RESULTS OF COMPREHENSIVE RADIOLOGICAL & HYGIENIC MONITORING IN SOME SETTLEMENTS OF RADIOLOGICALLY CONTAMINATED AREAS IN RIVNE REGION IN 2017

Objective. Identification of the main factors of radiation exposure formation in the residents of surveyed settlements of radiologically contaminated territories in Rivne region and estimation of radiation doses in population at a current stage of the accident.

Materials and methods. Comprehensive radiological and hygienic monitoring was conducted within 7 settlements of the Rokytnivsky district of Rivne region, namely in the Stare Selo, Vezhytsya, Perehodychi, Drozdyn', Berezove, Zabolotta, and Hrabun' villages. Assay of the incorporated ^{137}Cs was held using a whole-body counter in residents of the villages twice a year, i.e. in May and October. Basic foodstuffs were sampled for the assay of ^{90}Sr and ^{137}Cs along with interview of residents about the foodstuff consumption. External radiation doses were estimated. Mathematical, dosimetric, and radiochemical methods were applied.

Results and conclusions. The annual effective exposure doses of population in the surveyed settlements of Rivne region in the year of study were formed at the expense of internal exposure doses ranging from $0.13 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ to $0.32 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, which is below the criterion for radiologically contaminated territories. It has been established that the incorporation of ^{137}Cs by the inhabitants is a principal factor of the internal radiation dose formation. The ^{137}Cs incorporation occurs through the consumption of such basic foodstuffs as milk and forest products, primarily mushrooms, which traditionally occupy a significant part of the diet in the Polissya area. The ^{137}Cs content in the vast majority of milk and mushroom samples significantly exceeded the permissible levels (PL). The maximum content of ^{137}Cs in the collected milk samples was $384.7 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, which is 4 times higher than PL, and $36.9 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in dried mushrooms being 15 times higher than PL.

Conclusions. The existing radiation and ecological situation in the areas that were exposed to radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster requires the continuation of monitoring of levels of radioactive contamination of foodstuffs, especially collected in forests, and doses of radiation exposure of the population.

Key words: internal irradiation, external irradiation, comprehensive radiation and hygienic monitoring, whole-body counter, ^{137}Cs and ^{90}Sr content, foodstuffs, radiation dose.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2018;23:139-152. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-139-152.

ВСТУП

Рівненська область є однією з найбільш постраждалих після аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) як за площею радіоактивно забруднених територій (РЗТ), так і за кількістю постраждалих населених пунктів (НП) [1–4]. Радіонуклідами забруднено території Березнівського, Володимирецького, Дубровицького, Зарічненського, Рокитнівського і Сарненського районів загальною площею 1,2 млн га, в тому числі 290 тис. га сільськогосподарських угідь, 500 тис. га лісових масивів [5–7].

У післяаварійний період силами відділу дозиметрії і радіаційної гігієни Національного наукового центру радіаційної медицини (ННЦРМ) проводиться постійний моніторинг доз опромінення населення

INTRODUCTION

Rivne region is one of the worst affected after the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) accident regarding both the area size of radiologically contaminated territories (RCT) and amount of affected settlements [1–4]. Territory of the Berезnivskiyi, Volodymyrets, Dubrovitsky, Zarichnensky, Rokytnivsky, and Sarnensky districts with the total area of 1.2 million hectares, including 290,000 hectares of agricultural land, 500 thousand hectares of forest areas are contaminated with radionuclides [5–7].

In the post-accident period, the radiation doses in population of Ukraine affected by the ChNPP accident have been monitored by the staff of the Department of Dosimetry and Radiation Hygiene

територій України, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС [8, 9]. В переважній більшості НП основна частина дози формується за рахунок внутрішнього опромінення. Впродовж аварії ситуація стрімко мінялася. Динаміка доз внутрішнього опромінення вкрай нестійка. Так, після зниження в 1986–1991 рр. спостерігалось постійне (з 1992 року) зростання доз внутрішнього опромінення сільського населення внаслідок вживання місцевих продуктів, як результат згортання профілактичних заходів з радіаційного захисту [9–11].

Довгий час (до 2004–2006 рр.) винятком були НП Рівненської області, у яких впродовж всього після-аварійного періоду реєструвалися незмінно високі рівні внутрішнього опромінення. Це пов'язано зі специфічними формами випадіння ^{137}Cs й особливостями кислих болотистих ґрунтів з високим коефіцієнтом переходу ізотопів цезію з ґрунту в рослинність (у тому числі в продукти природного походження), а також труднощами проведення профілактичних заходів, спрямованих на обмеження споживання населенням продуктів харчування, у першу чергу молока місцевого виробництва і лісових продуктів – грибів й ягід. У ряді населених пунктів Володимирецького, Дубровицького, Зарічненського, Сарненського, а особливо Рокитнівського районів впродовж 1986–2000 рр. значна (до 50 %) частина мешканців мали рівні внутрішнього опромінення, які сягали і перевищували дозу $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. В останні роки, як показують дослідження [9–11], рівні внутрішнього опромінення населення знизились і в цих районах.

Найвищі рівні внутрішнього опромінення мешканців Рівненської області, як і в попередні роки [10, 11], реєструються в НП Рокитнівського району. У селах Вежиця, Дроздинь середньорічні дози внутрішнього опромінення у 2012 році перевищували $0,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, у селах Переходичі, Старе Село близькі до $0,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Від 4,8 % (с. Переходичі) до 11,5 % (с. Вежиця) мешканців у цих населених пунктах, отримали річну дозу внутрішнього опромінення вищу від $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

З іншого боку, дози зовнішнього опромінення населення РЗТ Рівненської області давно не переглядалися і також потребують оцінки. Слід відзначити, що після призупинення Державної програми «Загальнодозиметрична паспортизація населених пунктів України» у 2013 р. радіологічний моніторинг на РЗТ України, в тому числі й у Рівненській області, практично не проводиться. Єдиною установою, яка проводить роботи з радіаційно-гігієнічного моніторингу залишається ННЦРМ.

of the National Research Center for Radiation Medicine (NRCRM) [8, 9]. In the vast majority of settlements the bulk of the dose is formed due to internal radiation. Situation had changed rapidly during the accident. The time pattern of dose values of internal irradiation is extremely unstable. Notably, after a decrease in 1986–1991 there was a constant (since 1992) increase in the internal exposure doses in rural population due to consumption of local foodstuffs as a result of curtailment of preventive measures on radiation protection [9–11].

For a long time (until 2004–2006), the Rivne region settlements were an exception, where the invariably high levels of internal exposure were recorded within an entire post-accident period. It was associated with the specific forms of ^{137}Cs fallout and peculiarities of acidic marshy soils, featuring a high transfer coefficient of cesium isotopes from soil to vegetation (including products of natural origin), as well as with difficulties of carrying out the preventive measures on limiting the food consumption by population, first of all of milk of local production and forest products, i.e. mushrooms and berries. In a number of villages of the Volodymyrets, Dubrovitsky, Zarichnensky, Sarnensky, and especially Rokytivsky districts during 1986–2000 a significant part (up to 50%) of inhabitants had internal exposure levels that reached and exceeded the dose of $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$. In recent years, as shown by the studies [9–11], the levels of internal exposure in population have decreased in these areas.

The highest levels of internal exposure are registered as in previous years in the inhabitants of Rivne region [10, 11] in the settlements of Rokytivsky district. In the villages of Vezhytsya and Drozdyn', the average annual doses of internal exposure in 2012 exceeded $0.5 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, in the villages of Perehodychi and Stare Selo were close to $0.5 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$. From 4.8% (Perehodychi village) to 11.5% (Vezhytsya village) of residents in these settlements received an annual dose of internal exposure $> 1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

On the other hand, the doses of external exposure of RCT population of Rivne region have not been reviewed for a long time and also need to be evaluated. It should be noted that after the suspension in 2013 of the State Program «General Dosimetric Passportization of Settlements in Ukraine» there is almost no radiological monitoring on RCT in Ukraine, including the Rivne region. The NRCRM remains the only institution that conducts work on radiation-hygienic monitoring.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є визначення основних факторів формування опромінення мешканців обстежених НП РЗТ Рівненської області та оцінка доз опромінення населення на поточному етапі аварії.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У 2017 р. було проведено виїзний ЛВЛ¹⁾-моніторинг у семи НП Рівненської області в обсязі, достатньому для проведення статистичного аналізу – сс. Старе Село, Вежиця, Переходичі, Дроздинь, Березове, Заболоття, Грабунь Рокитнівського району. Усі вони – сільського типу, і розташовані поблизу лісових масивів, а сс. Заболоття та Грабунь знаходяться безпосередньо біля лісу. Всі НП мають школи, в яких навчаються від 80 (Переходичі) до 800 дітей (Старе Село). Діти НП Грабунь та Заболоття навчаються у Березовській школі. ЛВЛ-вимірювання були проведені двічі – навесні у травні обстежено 1211 осіб (609 – дорослі, 602 – діти); восени у жовтні – 1143 особи (429 – дорослі, 714 – діти). Визначення вмісту інкорпорованого радіоцезію в організмі обстежених осіб було проведено на лічильниках випромінювання людини «Скриннер-3М» мобільного типу (виробництво ІНЕКО, м. Київ; метрологічне свідоцтво про державну повірку №26-04/0778 від 15.08.2013, видане ДП «Укрметртестстандарт») безпосередньо за місцем проживання обстежуваних у Рокитнівському районі Рівненської області. Проведення калібрування комплексу, вимірювання та розрахунки результатів здійснюються за єдиною в Україні методикою, розробленою в ННЦРМ [12–14].

Одним з основних підходів, що дає можливість дослідити чинники формування доз внутрішнього опромінення у населення РЗТ, є визначення і аналіз забрудненості основних продуктів харчування радіонуклідами [5, 6], а також рівнів їх споживання. Для вирішення цих завдань двічі – навесні у травні і восени у жовтні, було проведено відбір основних продуктів харчування (молоко, картопля, продукти дикої природи) у сс. Старе Село, Вежиця, Переходичі та опитування мешканців цих сіл щодо особливостей харчування і рівнів споживання основних продуктів. Всього було відібрано 73 проби молока, 72 проби овочів та 43 проби продуктів лісу. Для проведення опиту-

¹⁾ЛВЛ – лічильник випромінювання людини.

¹⁾WBC – whole-body counter.

OBJECTIVE

Identification of the main factors of radiation exposure formation in the residents of surveyed settlements of radiologically contaminated territories in Rivne region and estimation of radiation doses in population at a current stage of the accident.

MATERIALS AND METHODS

An on-site monitoring using the WBC¹⁾ was conducted in 2017 in a scope sufficient for a statistical analysis in the 7 settlements of Rivne region, namely in the Stare Selo, Vezhytsya, Perehodychi, Drozdyn', Berezove, Zabolottya, and Hrabun' villages of Rokytivsky district. All the settlements are of rural type located near the forests, and the Zabolottya and Hrabun' villages are located next to a forest. There are schools in all the settlements with from 80 children (Perehodychi) to 800 children (Stare Selo) studying there. Children from the Hrabun' and Zabolottya villages study at Berezove school. The WBC measurements were carried out twice: in spring, namely the 1211 persons were surveyed in May (609 adults, 602 children), and the 1143 ones (429 adults, 714 – children) were examined in autumn (in October). Assay of the incorporated ¹³⁷Cs in the body of the examined persons was carried out on mobile radiation meter «Screener-3M» (production of INECO, Kyiv; metrological certificate of state verification # 26-04 / 0778 dated August 15, 2013, issued by the State Enterprise «Ukrmetrtteststandart») directly at the place of residence of the study subjects in Rokytivsky district of the Rivne region. Calibration of the testing complex, measurements and calculations of results were carried out according to the unique methodology in Ukraine developed at the NRCRM [12–14].

Estimation and analysis of radionuclide contamination of the main food products [5, 6] and respective levels of consumption is one of principal approaches that makes it possible to investigate the factors of internal radiation dose formation in the population of RCT. Sampling of the principal foodstuffs (milk, potatoes, wildlife products) was carried out at the Stare Selo, Vezhytsya, and Perehodychi villages both with questioning of residents of these villages on food characteristics and consumption levels of the main products. Study procedures were applied twice, namely – in spring (in May) and autumn (in October) to accomplish the set tasks. In total, the 73 milk samples, 72 samples of vegetables, and 43 samples of for-

вання було складено формалізовані анкети для дорослих і дітей. За цими анкетами проведено опитування 167 осіб із 36 сімей. Вимірювання вмісту ^{137}Cs у пробах продуктів проводили на гамма-спектрометрі SILENA (метрологічне свідоцтво про державну повірку № 4786 від 18.07.2017, видане ННЦ «Інститут метрології», м. Харків). 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 (метрологічне свідоцтво про державну повірку № 9674 від 20.06.2017, видане ННЦ «Інститут метрології», м. Харків). Пробопідготовка для вимірювань вмісту ^{90}Sr на бета-спектрометрі СЭБ-01 проводилась наступним чином [15]: 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. Після цього проби золи переносили у спеціальну кювету і вимірювали на бета-спектрометрі СЭБ-01 [16].

Вимірювання потужності дози зовнішнього опромінення проводили у відповідності до вимог інструктивно-методичних документів [17, 18] методом пішохідної γ -зйомки. Для досліджень використовувався дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА» №1300357. Діапазон вимірювань ПЕД 0,1–10000 мкЗв · год⁻¹, основна відносна похибка вимірювань не перевищує $\pm 20\%$, $P = 0,95$ (свідоцтво про повірку робочого засобу вимірювальної техніки № 3642 чинне до 20.06.2018 р.).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати моніторингу вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих мешканців сс. Старе Село, Вежиця, Переходичі, Дроздинь, Березове, Заболоття, Грабунь Рокитнівського району у травні та жовтні 2017 р. приведені в таблиці 1.

Середній вміст ^{137}Cs у дорослих мешканців обстежених НП у травні лежить у межах від 3,0 кБк у с. Березове до 10,8 кБк у с. Грабунь. Ці НП розташовані недалеко один від одного (8 км) і відносяться до однієї сільської ради. Однак с. Грабунь з усіх боків

est products were selected. The formalized questionnaires for adults and children were compiled for the survey. The 167 people from 36 families were interviewed using these questionnaires. Measurements of the ^{137}Cs content in product samples were carried out on a SILENA gamma-spectrometer (metrological certificate of state verification # 4786 dated 07/18/2017 issued by the NSC «Institute of Metrology», Kharkiv). Marinelly vessel of a 1 liter capacity was used to assay the radionuclide content in milk and potato samples. 100 g product portions were used to assay the radionuclide content in the mushroom samples. Measurements were made in the «Denta» geometry. Particular attention was paid to the ^{90}Sr assay in food due to the fact of increasing contribution by the radionuclide to the total dose of internal radiation over time. Measurements of the ^{90}Sr content in food were carried out on the SEB-01 beta-spectrometer (metrological certificate of state verification # 9674 dated June 20, 2017 issued by the NSC «Institute of Metrology», Kharkiv). Sample preparation for the ^{90}Sr content measuring on SEB-01 beta spectrometer was carried out as follows [15]: milk was evaporated down to a dry residue, and then calcined at 600 °С; vegetable products were desalinated in a drying cabinet at a temperature of 120 °С and then heated thoroughly at 600 °С. Samples of ash were onward transferred to a special cuvette and measured on the SEB-01 beta-spectrometer [16].

The external irradiation dose rate assay was carried out in accordance with guidelines and procedures [17, 18] through the method of a pedestrian γ -mapping/plotting. The MKS-05 «TERRA» dosimeter-radiometer #1300357 was used in the study. The range of EDR measurements was 0.1–10000 $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ with principal relative error of measurements not exceeding $\pm 20\%$, $P = 0.95$. There was a verification certificate of working device of measuring equipment # 3642 valid until June 20, 2018.

RESULTS AND DISCUSSION

Results of monitoring of the incorporated ^{137}Cs contents in adult residents of the Stare Selo, Vezhytsya, Perehodychi, Drozdyn', Berezove, Zabolottya, and Hrabun' villages of Rokytnivsky district in May and October 2017 are shown in Table 1.

The average content of ^{137}Cs in adult residents of the settlements studied in May varied from 3.0 kBq in Berezove village to 10.8 kBq in Hrabun' village. These settlements are located not far from each other (8 km) and belong to the same village council. Though,

Таблиця 1

Результати моніторингу вмісту інкорпорованого ¹³⁷Cs у дорослого населення обстежених НП Рівненської області у 2017 р.

Table 1

Monitoring results of incorporated ¹³⁷Cs in adult population of the Rivne region settlements in 2017

Населений пункт Settlement	Період вимірювань Assay time	Кількість обстежених Examined persons	Вміст ¹³⁷ Cs, кБк / ¹³⁷ Cs content in Bq				Доза*, мЗв · рік ⁻¹ Dose*, mSv · year ⁻¹	
			середній mean	медіана median	90 % кв. 90 % quan.	максим. max.	середня mean	максим. max.
Ст. Село / Stare Selo	травень / May	116	4,7 ± 3,4	3,6	9,8	18,7	0,19	1,22
	жовтень / October	77	9,0 ± 7,2	6,8	18,8	37,2		
Вежиця / Vezhytsya	травень / May	134	7,4 ± 5,6	5,7	14,7	31,5	0,29	1,50
	жовтень / October	111	12,5 ± 9,0	9,8	25,3	50,0		
Переходичі / Perekodychi	травень / May	131	5,4 ± 3,7	4,5	10,2	25,2	0,21	1,04
	жовтень / October	111	8,8 ± 6,3	7,1	16,9	37,3		
Дроздинь / Drozdyn'	травень / May	89	6,1 ± 5,0	4,5	12,9	32,3	0,23	1,60
	жовтень / October	62	9,8 ± 9,1	7,0	21,4	56,3		
Березове / Berezove	травень / May	100	3,0 ± 2,3	2,4	6,1	16,1	0,13	0,84
	жовтень / October	58	5,9 ± 5,5	4,5	12,2	38,7		
Заболоття / Zabolottya	травень / May	21	4,5 ± 3,2	3,4	10,5	11,5	0,20	0,74
	жовтень / October	9	10,5 ± 6,9	7,7	31,7	20,8		
Грабунь / Hrabun'	травень / May	18	10,8 ± 9,0	7,9	25,4	35,1	0,32	1,01
	жовтень / October	1	-	-	-	-		

Примітка. *Доза внутрішнього опромінення розрахована за результатами всіх ЛВЛ-вимірювань, проведених у травні і жовтні 2017 р. [12–14].

Note. *Internal radiation dose calculated based on the all WBC measurements held in May and October, 2017 [12–14].

оточене лісовим масивом, який практично впритул наближений до села, мешканці його, за їх свідченнями, активно користуються «дарами лісу» – лісовими ягодами та грибами. Село Березове розташоване подалі від лісу, це досить великий НП, багато його мешканців працюють у районному центрі Рокитно і схильні, за їх свідченнями, до міського типу ведення господарства. У жовтні рівні опромінення підвищились у 1,6–2,3 рази і варіювали від 5,9 кБк у с. Березове до 12,5 кБк у с. Вежиця, що найімовірніше пов'язано з багатим «врожаєм» лісових продуктів, насамперед, грибів. Слід зазначити, що пропорційно збільшились і медіанні значення, і 90 % квантиль, що свідчить про те, що відбулося підвищення індивідуального вмісту інкорпорованого ¹³⁷Cs не в окремих мешканців НП, а у переважної більшості. Яскраво виражений сезонний характер формування рівнів внутрішнього опромінення підтверджує й характер статистичного розподілу індивідуальних рівнів внутрішнього опромінення у цих НП (рис. 1).

«Весняний розподіл» більш вузький, ніж «осінній». Останній же має зміщений вправо максимум і більш витягнутий правий «хвіст», що свідчить, як про збільшення значень індивідуального вмісту ¹³⁷Cs у переважної більшості обстежених дорослих мешканців, так і про збільшення максимальних значень.

Hrabun' village is surrounded by a woodland that is practically close to the village, while its inhabitants, according to their testimony, actively use the «gifts of the forest» i.e. forest berries and mushrooms. The village of Berezove is located far from a forest being a rather large settlement. Many of its inhabitants work in the district center of Rokytne and are prone, according to their testimony, to the urban type of house-keeping. The irradiation levels had increased in October by a factor of 1.6–2.3 and ranged from 5.9 kBq in Berezove village to 12.5 kBq in Hrabun' village that is most likely associated with a rich «harvest» of the forest products, primarily mushrooms. It should be noted that both median values and 90% quantile have increased proportionally, which indicates that there was an increase of individual content of ¹³⁷Cs not in some residents of settlements, but in the vast majority of them. A pronounced seasonal nature of the formation of internal radiation levels is confirmed by a pattern of statistical distribution of individual levels of internal exposure in these settlements (Fig. 1).

A «spring distribution» is narrower than an «autumn» one. The latter has a maximum shift to the right and a more elongated right «tail», indicating both an increase of individual content of ¹³⁷Cs in the vast majority of surveyed adult residents and an increase in the maximum values.

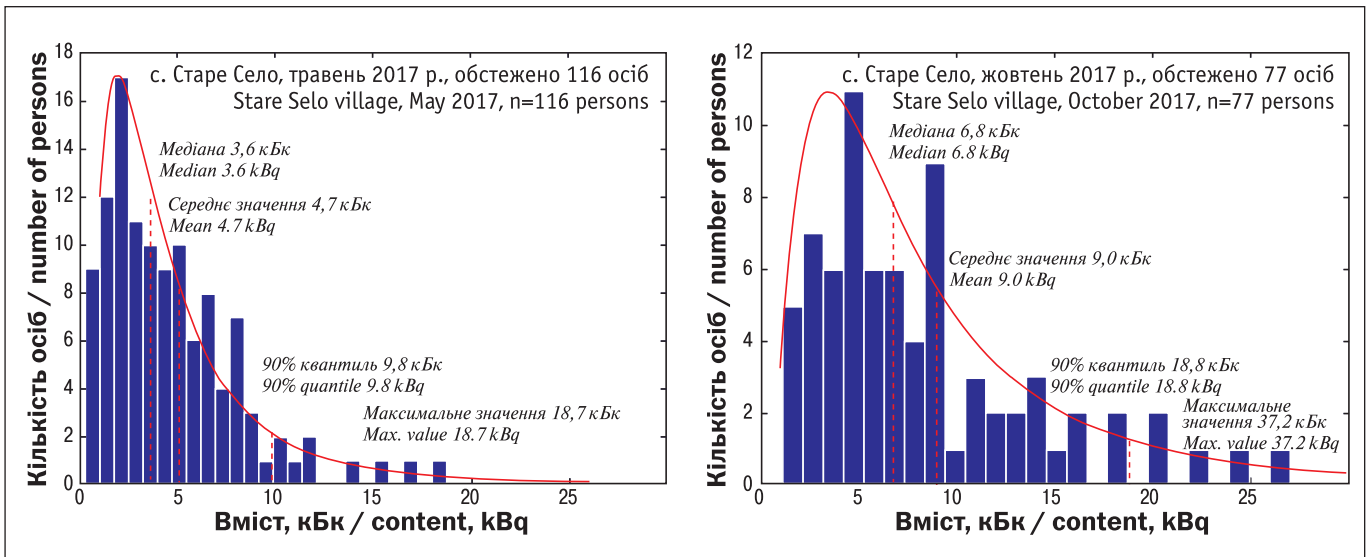


Рисунок 1. Статистичний розподіл вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих мешканців с. Старе Село у травні та жовтні 2017 р.

Figure 1. Statistical distribution of incorporated ^{137}Cs content in the adult resident of Stare Selo village in May and October, 2017

Максимальне зареєстроване в обстежених НП значення вмісту інкорпорованого ^{137}Cs у дорослих навесні становить 35,1 кБк (с. Грабунь), що формує річну дозу внутрішнього опромінення $1,01 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$; восени – 56,3 кБк (с. Переходичі), що формує річну дозу внутрішнього опромінення $1,6 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

Тільки одна особа за результатами травневих досліджень мала річну дозу внутрішнього опромінення, яка перевищила $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, що становить 0,1 % від усіх обстежених навесні, і у 27 осіб зареєстровано перевищення дозового рівня $0,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – 2,2 % від усіх обстежених. Обраховані за результатами жовтневих ЛВЛ-вимірювань річні дози внутрішнього опромінення перевищили дозовий рівень $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ у шести осіб, що становить 0,6 % від усіх обстежених восени, і у 73 осіб перевищили дозовий рівень $0,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ – 6,6 % від усіх обстежених. Це значно менше, ніж було зареєстровано при проведенні попередніх ЛВЛ-досліджень у 2014 році [11]. Тобто, можна констатувати загальне зниження рівнів внутрішнього опромінення у порівнянні з попередніми дослідженнями, проведеними у 2011, 2014 роках. Однак, на тлі цього зниження відбувається суттєве сезонне підвищення, у 1,6–2,3 раза від травня по жовтень, рівнів внутрішнього опромінення (рис. 2).

У результаті проведеного аналізу встановлено, що рівні внутрішнього опромінення дорослих вищі, ніж дітей – у 1,4 раза навесні, і дещо більше – у 1,6 раза восени. Надзвичайно важливо, що сезонне підвищення питомого вмісту інкорпорованого ^{137}Cs в ор-

The maximum registered content of ^{137}Cs incorporated in adults in the examined settlements in spring was 35.1 kBq (Hrabun' village) forming an annual dose of internal irradiation of $1.01 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, whereas in autumn it was 56.3 kBq (Perehodychi village) forming the annual dose of internal irradiation of $1.6 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

An annual dose of internal radiation exceeding $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ was registered only in one person in May representing the 0.1% of all the surveyed in spring. Dose level exceeding $0.5 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ was registered in 27 persons amounting 2.2% of all surveyed. The annual doses of internal exposure calculated on the results of WBC measurements in October exceeded the level of $1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in 6 people amounting 0.6% of all surveyed in the fall and exceeded the level of $0.5 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ in 73 people, i.e. in 6.6% of all surveyed. This is considerably less than it was recorded during the previous WBC studies in 2014 [11]. So, we can state the general decrease in the levels of internal exposure compared with previous studies conducted in 2011 and 2014. However, against this background there is a significant seasonal increase of internal radiation doses by a factor of 1.6–2.3 from May to October (Figure 2).

It was found that the levels of internal exposure in adults are higher than that in children, namely by a factor of 1.4 in spring, and somewhat more, i.e. by a factor of 1.6 in autumn. It is extremely important that the seasonal increase in a specific content of incorpo-

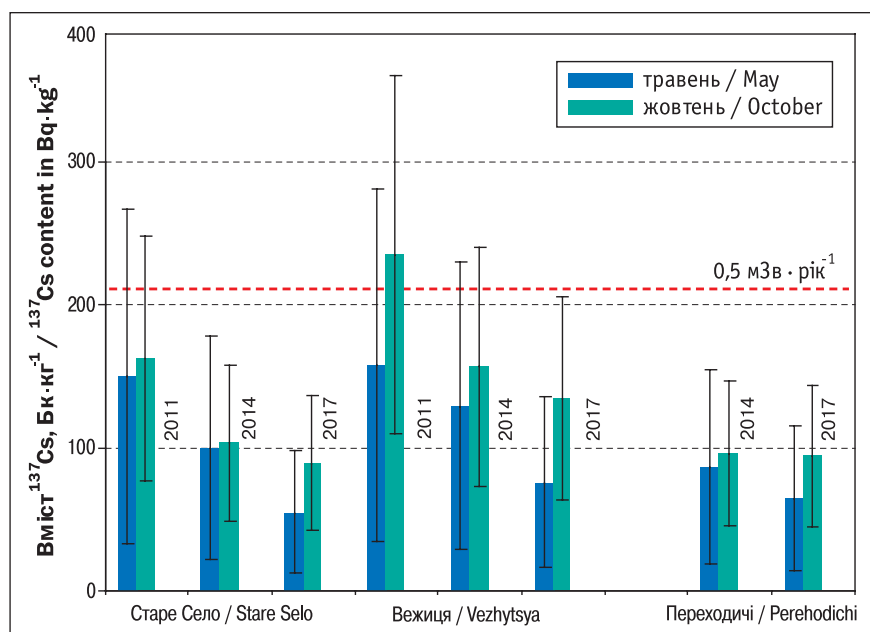


Рисунок 2. Динаміка рівнів внутрішнього опромінення мешканців окремих НП Рівненської області впродовж 2011–2017 рр.

Figure 2. Time pattern of internal irradiation levels in residents of some settlements in Rivne region within 2011–2017

ганізмі дорослих становить 80 %, а в організмі дітей – 50 %, що свідчить про більш вибагливий підхід до дитячого раціону [19].

Окремо слід відзначити результати ЛВЛ-моніторингу дітей віком один рік. Було обстежено троє дітей 2016 року народження. При досить невисоких вмістах радіоцезію в організмі (3,7–3,8 кБк), зважаючи на невелику вагу (від 9 кг до 12 кг), річні дози внутрішнього опромінення лежать у межах від 0,84 мЗв · рік⁻¹ до 0,95 мЗв · рік⁻¹. При опитуванні було з'ясовано, що діти знаходяться частково на грудному вигодовуванні, частково вживають молоко власного господарства.

Дози внутрішнього опромінення, розраховані за результатами ЛВЛ-вимірювань, проведених у травні і жовтні, суттєво відрізняються, особливо для дорослих (у 1,8 раза). Це свідчить про необхідність проводити ЛВЛ-моніторинг двічі на рік – навесні і восени, що сприятиме адекватному результату обчислення дози внутрішнього опромінення.

За результатами проведеного опитування встановлено, що найбільш вживаними продуктами у мешканців обстежених НП є молоко і молокопродукти, картопля та інші овочі, хліб і борошняні вироби, а також лісові продукти (гриби, ягоди).

Встановлено, що вміст ¹³⁷Cs у переважній більшості проб молока, зібраних в особистих господарствах обстежених НП (рис. 3), у декілька разів (до 4 разів) перевищує допустимий рівень (ДР), який становить 100 Бк · л⁻¹ згідно з Гігієнічним нормативом ГН 6.6.1.1-130-2006 [20].

Вміст ¹³⁷Cs у пробах молока в обстежених НП з 2011 р. по 2017 р. зменшується (табл. 2) на тлі чіт-

rated ¹³⁷Cs in adult population was for 80 %, and in children for 50%, which suggests a more particular and critical approach to the diet of children [19].

Results of a WBC monitoring for the one-year-old children should be noted separately. There were examined 3 children born in 2016. At a relatively low concentrations of radioactive cesium in the body (3.7–3.8 kBq), due to the low weight (from 9 kg to 12 kg), the annual dose of internal irradiation was in the range from 0.84 mSv · year⁻¹ to 0.95 mSv · year⁻¹. The questioning had revealed that children were partially breastfed, partly receiving milk from their parental household.

Doses of internal radiation calculated on the results of WBC measurements conducted in May and October differ significantly, especially for the adults (by a factor of 1.8). This indicates to a need to carry out the WBC monitoring twice a year, i.e. in spring and autumn, which will promote an adequate result of calculation of the of internal radiation dose.

According to the results of survey, it was established that the milk and dairy products, potatoes and other vegetables, bread and flour products, both with forest products (mushrooms, berries) are the most used foodstuffs by the residents of surveyed settlements.

It has been established that the content of ¹³⁷Cs in the vast majority of milk samples collected in the private farms (Figure 2) had exceeded the permissible level (PL) by several times (up to 4-fold), which is 100 Bq · L⁻¹ in accordance with the Hygienic Standard of the GN 6.6.1.1-130-2006 [20].

Content of ¹³⁷Cs in milk samples from the surveyed settlements had decreases since 2011 till 2017 (Table

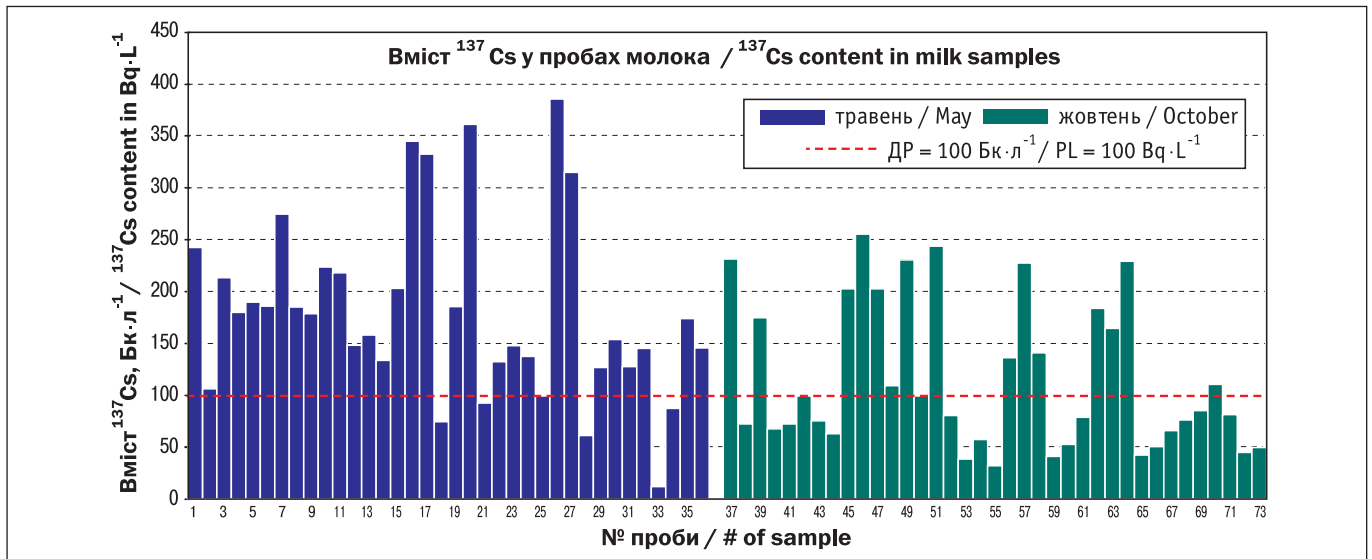


Рисунок 3. Вміст ^{137}Cs у пробах молока, зібраних у мешканців окремих НП Рокитнівського району Рівненської області у 2017 р.

Figure 3. ^{137}Cs content in milk samples received from residents of some settlements in Rokytivsky district of Rivne region in 2017

ко вираженої сезонної залежності забрудненості молока радіоцезієм. З травня по жовтень 2017 року значення середнього вмісту ^{137}Cs у відібраних пробах молока у обстежених селах знизилось у 1,3–1,7 раза. Ймовірно, це обумовлено особливостями сінокосів і концентруванням ^{137}Cs у сні. Така сама сезонна динаміка отримана в результаті аналогічних досліджень, проведених нами у 2011 та 2014 роках. Однак, у попередні роки вона була більш яскраво виражена. Рівні забруднення молока радіоцезієм знизилися з травня по жовтень 2011 року у 2,7–3,0 раза, у той же проміжок 2014 року – у 1,5–2 раза.

Вміст ^{90}Sr у пробах молока, зібраних навесні, нижче чутливості методу ($< 1,0 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$), восени – у переважній кількості проб знаходиться нижче рівня чутливості методу, і тільки у 30 % проб зареєстровано

2) against a background of the clear seasonal dependence of milk contamination by radioactive cesium. From May to October 2017 the average content of ^{137}Cs in milk from the surveyed villages decreased by a factor of 1.3–1.7. Probably this was due to the features of hay harvesting and ^{137}Cs concentration in hay. The same seasonal pattern was registered as a result of the similar studies that we had conducted in 2011 and 2014. However, it was more pronounced in the previous years. Levels of milk contamination with ^{137}Cs had decreased by a factor of 2.7–3.0 since May till October 2011, while in the same period of 2014 the decrease was by a factor of 1.5–2.

Content of ^{90}Sr in milk samples collected in spring was below the method sensitivity threshold ($< 1.0 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$), at that in autumn along with content below the method sensitivity level in majority of samples, just in 30% of

Таблиця 2

Динаміка середнього вмісту ^{137}Cs у пробах молока в обстежених населених пунктах навесні та восени у 2011–2017 рр.

Table 2

Time pattern of average ^{137}Cs content in milk samples from surveyed settlements in spring and autumn in 2011–2017

Населений пункт Settlement	Середнє значення вмісту ^{137}Cs , Бк · л ⁻¹ / average content of ^{137}Cs , Bq · L ⁻¹					
	2011 р. / 2011		2014 р. / 2014		2017 р. / 2017	
	травень May	вересень September	травень May	жовтень October	травень May	жовтень October
Старе Село / Stare Selo	496 ± 145	187 ± 63	280 ± 81	193 ± 63	205 ± 107	121 ± 75
Вежиця / Vezhytsya	458 ± 157	155 ± 76	337 ± 83	165 ± 60	188 ± 44	124 ± 72
Переходичі / Perehodychi	-	-	219 ± 101	140 ± 30	121 ± 51	90 ± 65

незначний вміст. Максимальне зареєстроване значення вмісту ^{90}Sr становить $2,2 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, що у 9 разів нижче допустимого рівня.

Другим важливим основним продуктом харчування мешканців Полісся є картопля. Вміст ^{137}Cs у пробах картоплі не перевищує допустимий рівень, який становить $60 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ згідно з Гігієнічним нормативом ГН 6.6.1.1-130-2006 [20] (рис. 4). Максимальне зареєстроване значення вмісту ^{137}Cs у пробах картоплі становить $40,2 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Пробу зібрано у господарстві с. Вежиця у травні. Вміст ^{90}Sr у всіх пробах картоплі нижче чутливості методу ($< 1,0 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$).

cases an insignificant content was however recorded. The maximum registered ^{90}Sr content was $2.2 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$, being by a factor of 9 lower than a permissible level.

Potato is another important principal foodstuff for the inhabitants of Polissya area. The content of ^{137}Cs in potato samples did not exceed the permissible level of $60 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in accordance with the Hygienic Standard of GN 6.6.1.1-130-2006 [20] (Figure 4). The maximum recorded content of ^{137}Cs in potato samples was $40.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Sample was collected at the farm in Vezhytsya village in May. Content of ^{90}Sr in all potato samples was below the method sensitivity threshold ($< 1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$).

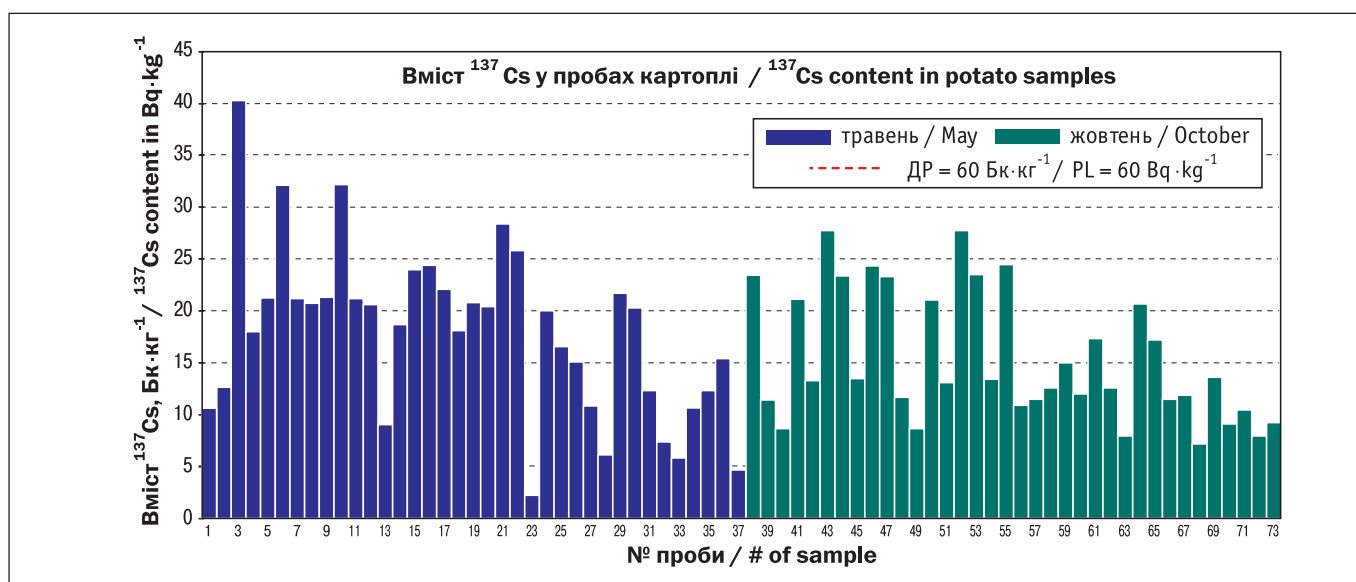


Рисунок 4. Вміст ^{137}Cs у пробах картоплі, зібраних у мешканців окремих НП Рокитнівського району Рівненської області у 2017 р.

Figure 4. ^{137}Cs content in potato samples received from residents of some settlements in Rokytnivsky district of Rivne region in 2017

Найбільший інтерес викликало дослідження продуктів природного походження – грибів та ягід, оскільки ці продукти традиційно є однією з основних складових раціону жителів Полісся і за результатами останніх досліджень [10, 11, 21] є найбільш, поміж інших продуктів, забрудненими радіоцезієм.

Всі зібрані нами проби сушених грибів, окрім однієї, зданої господарями с. Старе Село, перевищують допустимий рівень $2,5 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ (рис. 5) [20]. Максимальний зареєстрований вміст ^{137}Cs у пробах сушених грибів, зібраних у господарствах с. Старе Село, становить $36,9 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$, с. Вежиця – $23,0 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$, с. Переходичі – $23,0 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$, що в 10–15 разів перевищує допустимі норми. Зрозуміло, що вживання таких продуктів навіть у незначній кількості обумовить формування суттєвих

The study of natural products, i.e. mushrooms and berries was of an outstanding interest, since these products have traditionally been among the principal components of the Polissya inhabitants' diet and, according to the results of recent studies [10, 11, 21], are most contaminated with radioactive cesium among other foodstuffs.

Radioactivity of all the collected samples of dried mushrooms except one delivered by the owners in Stare Selo village exceeded a permissible level of $2.5 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Figure 5) [20]. The maximum content of ^{137}Cs was registered in samples, collected at the farms of villages Stare Selo ($36.9 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$), Vezhytsya ($23.0 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$), and Perehodychi ($23.0 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$) exceeding the permissible level by a factor of 10–15. It is clear that the consumption of such products even in a small amount will result in formation of the sig-

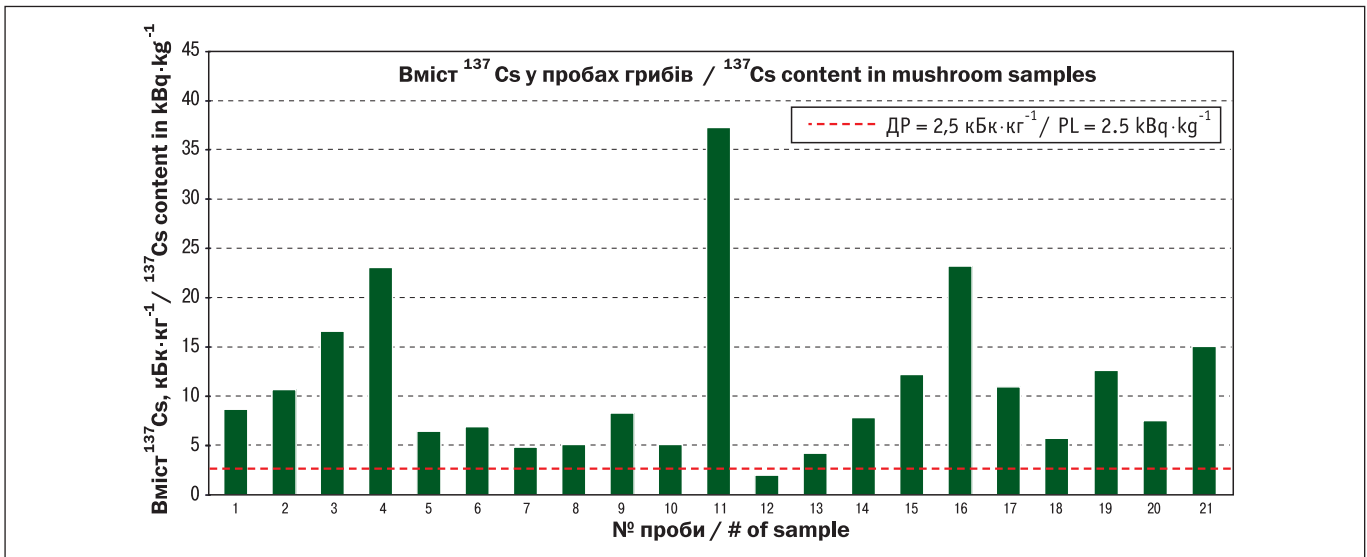


Рисунок 5. Вміст ¹³⁷Cs у пробах грибів сушених, зібраних у мешканців окремих НП Рокитнівського району Рівненської області у 2017 р.

Figure 5. ¹³⁷Cs content in dried mushroom samples collected from residents of some settlements in Rokytnivsky district of Rivne region in 2017

доз внутрішнього опромінення. Вміст ⁹⁰Sr у відібраних пробах грибів менше рівня чутливості вимірювання.

Проби заморожених лісових ягід – журавлини, ожини та більшість проб чорниць, не мають перевищень над ДР – 0,5 кБк · кг⁻¹. Тільки одна проба чорниці має вміст ¹³⁷Cs 0,6 кБк · кг⁻¹. Вміст ¹³⁷Cs в усіх пробах журавлини, зібраних як восени, так і навесні, не перевищував ДР. Максимальне зареєстроване значення вмісту ¹³⁷Cs становить 0,1 кБк · кг⁻¹, що майже у 5 разів нижче ДР для сирих і заморожених лісових ягід. У 60 % проб сушених чорниць виявлено перевищення вмісту ¹³⁷Cs над ДР – 2,5 кБк · кг⁻¹. Значення вмісту варіюється у межах від 1,3 кБк · кг⁻¹ до 6,3 кБк · кг⁻¹. Вміст ⁹⁰Sr у відібраних пробах лісових продуктів менше рівня чутливості вимірювання.

З метою оцінки радіаційно-гігієнічних факторів, які формують сумарні дози опромінення населення, що проживає на постраждалих в результаті аварії на ЧАЕС територіях, були проведені прямі вимірювання потужності дози зовнішнього опромінення в повітрі (ПЕД) в населених пунктах Рокитнівського району Рівненської області.

Розраховані значення річних ефективних доз зовнішнього опромінення населення в обстежуваних населених пунктах у 2017 році (262–323 мкЗв · рік⁻¹) знаходяться на рівні середніх значень доз зовнішнього опромінення населення доаварійного періоду, отриманих за рахунок природного радіаційного фону (300–650 мкЗв · рік⁻¹).

nificant internal radiation doses. Content of ⁹⁰Sr in selected samples of mushrooms was under the sensitivity threshold of the measurement method.

The PL of samples of frozen forest berries, i.e. cranberries, blackberries, and most of blueberry ones did not exceed of 0.5 kBq · kg⁻¹. Only one blueberry sample had a content of ¹³⁷Cs of 0.6 kBq · kg⁻¹. Content of ¹³⁷Cs in all samples of cranberries collected both in autumn and spring was not exceeding the PL. The maximum registered content of ¹³⁷Cs was 0.1 kBq · kg⁻¹ being almost 5-fold lower than PL for the raw and frozen forest berries. In 60% of samples of dried blueberries an excessive content (2.5 kBq · kg⁻¹) of ¹³⁷Cs over the PL was detected. Values varied from 1.3 kBq · kg⁻¹ to 6.3 kBq · kg⁻¹. Content of ⁹⁰Sr in the selected samples of forest products was less than the threshold sensitivity level of the measurement method.

The direct measurements of dose rate of external exposure in the air (EDR) in the settlements in Rokytnivsky district of Rivne region were performed to assess the radiation-hygienic factors that form the total radiation dose in population living in areas contaminated as a result of the Chernobyl Nuclear Power Plant accident.

The calculated values of annual effective doses of external exposure of population in the surveyed settlements in 2017 (262–323 μSv · year⁻¹) were at the level of average values of external exposure doses in population before the accident. The latter doses were received due to a natural radiation background (300–650 μSv · year⁻¹).

Результати натурних досліджень ПЕД свідчать про відсутність кореляції зі щільністю радіоактивних випадінь ^{137}Cs , що дозволяє зробити висновки про необхідність використання для дозових оцінок результатів натурних досліджень ПЕД та проведення наукових досліджень щодо натурального визначення актуальних, фактичних значень щільності радіоактивних випадінь і параметрів вертикальної міграції радіонуклідів.

ВИСНОВКИ

Проведений у 2017 р. комплексний радіаційно-гігієнічний моніторинг у семи НП Рокитнівського району Рівненської області – сс. Старе Село, Вежиця, Переходичі, Дроздинь, Березове, Заболоття, Грабунь показав, що річні ефективні дози опромінення населення від «чорнобильської компоненти» в обстежуваних населених пунктах Рівненської області в поточному році формуються за рахунок доз внутрішнього опромінення, які варіюються у межах від $0,13 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ до $0,32 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, що нижче критерію РЗТ.

В результаті проведеного ЛВЛ-моніторингу навесні 2017 р. зареєстровано зниження рівнів внутрішнього опромінення в усіх обстежених НП в 1,2–1,7 раза порівняно з 2014 р. Однак, сезонне підвищення від травня по жовтень, у 1,6–2,3 раза, обумовлене споживанням населенням лісових продуктів, насамперед, грибів, які 2017 року вродили у великій кількості, призвело до зростання доз до рівня 2014 р.

Встановлено, що основним фактором, який формує дозу внутрішнього опромінення є надходження ^{137}Cs в організм мешканців з такими основними продуктами харчування, як молоко та лісові продукти, насамперед, гриби, які в Поліському регіоні традиційно займають суттєву частину харчового раціону. Вміст ^{137}Cs у переважній частині проб молока та грибів значно перевищує допустимі рівні (ДР). Максимальний зареєстрований вміст ^{137}Cs у зібраних пробах молока становить $384,7 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, що у 4 рази вище ДР, сушених грибів – $36,9 \text{ кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ – у 15 разів вище ДР.

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

Робота виконана за фінансової підтримки Національної академії медичних наук України, державний реєстраційний № НДР 0116U002477.

Results of the field studies of EDR reveal no correlation with the intensity of ^{137}Cs fallout, which allows us to conclude the necessity to apply the results of EDR field research and conduct a research on the actual determination of essential and virtual values of radioactive fallout intensity and parameters of vertical migration of radionuclides for dose assessments.

CONCLUSIONS

The comprehensive radiation-hygienic monitoring carried out in 2017 in the 7 settlements in Rokytnivsky district of Rivne region, namely in the villages of Stare Selo, Vezhytsya, Perekhodychi, Drozdyn', Berezove, Zabolottya, and Hrabun' had showed a formation of annual effective doses from the «Chornobyl component» in population of the surveyed settlements that year due to the doses of internal irradiation ranging from $0.13 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ to $0.32 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ just being under the RCT criterion.

Decrease in levels of internal exposure in all the surveyed settlements by a factor of 1.2–1.7 vs. that in 2014 was registered as a result of the conducted WBC monitoring in spring of 2017. However, a seasonal increase from May to October by a factor of 1.6–2.3 due to consumption by population of the forest products and first of all mushrooms grown that year in large amounts led to an increase in doses up to the level of 2014.

It has been established that ^{137}Cs incorporation by the inhabitants with such principal foodstuffs as milk and forest products, to begin with mushrooms that traditionally occupy a significant part of the diet in Polissya area, are the main driver of internal radiation dose formation. The content of ^{137}Cs in the vast majority of samples of milk and mushrooms exceeded the PL significantly. The maximum content of ^{137}Cs in the collected milk samples was $384.7 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ being 4-fold higher than the PL, and $36.9 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$ in the samples of dried fungi exceeding the PL by a factor of 15.

The existing radioecological situation in the areas that were exposed to radioactive contamination as a result of the Chornobyl catastrophe requires requires to continue the monitoring of radioactive contamination levels of foodstuffs, especially collected in forests, and doses of radiation exposure in population.

The work was implemented with the financial support of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, State Registration # SRV0116U002477.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дози опромінення / І. А. Ліхтарьов, В. В. Василенко, М. Я. Циганков та ін. *Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986-2011* : монографія / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. Тернопіль : ТДМУ, Укрмедкнига, 2011. С. 35–64.
2. Радіологічні та медичні наслідки Чорнобильської катастрофи. Дози опромінення населення / І. А. Ліхтарьов, Л. М. Ковган, В. В. Чумак, В. В. Василенко, М. Я. Циганков та ін. *25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього*. Київ : КИМ, 2011. С. 116–125.
3. Массовый многолетний СИЧ-мониторинг населения Украины, вовлеченного в Чернобыльскую аварию / О. Н. Перевозников, В. В. Василенко, Л. А. Литвинец и др. *Радиационная гигиена*. 2009. Т. 2. № 2. С. 40–47.
4. 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.
5. Науменко А. С., Макаrchук О. В., Костенко О. В. Радіологічний стан сільськогосподарських угідь українського полісся. *Агроекологічний журнал*. 2016. Т. 1, № 1. С. 107–111.
6. Оцінка радіоактивного забруднення продуктів харчування рослинного та тваринного походження в північних районах Рівненської області / В. І. Гуцук, Р. М. Сачук, С. М. Катюха, І. В. Гуцук. *Ветеринарна біотехнологія*. 2016. № 28. С. 62–68.
7. Лико С. М., Портухай А. И. Экологическое состояние почв сенокосов и пастбищ наиболее загрязненных территорий Ровенской области. *Вісник дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2012. № 1. С. 62–66.
8. Вивчення особливостей формування доз внутрішнього опромінення населення Житомирської області у віддалений період аварії на ЧАЕС, обумовлених надходженням ^{137}Cs , ^{90}Sr / В. В. Василенко, М. Я. Циганков, С. Ю. Нечаєв та ін. *Проблеми радіаційної медицини*. 2013. Вип. 18. С. 70–81.
9. Система масового дозиметричного моніторингу з використанням лічильників випромінювання людини для населення радіоактивно забруднених територій / В. В. Василенко, О. М. Перевозников, В. О. Пікта та ін. *Проблеми поводження з радіоактивними відходами в Україні. X міжн. форум «Технології захисту - 2011»* : матеріали наук.-техн. конф., МНС України. Київ : КИМ. 2011. С. 54–59.
10. 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». Керівн.: С. Ю. Нечаєв. Київ, 2012. 91 с.
11. 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» ; керівн.: В. В. Василенко, С. Ю. Нечаєв. Київ, 2015. 137 с.

REFERENCES

1. Likhtarev IA, Kovgan LM, Chumak W, Vasylenko W, Tsygankov MYa, et al. [Doses of irradiation]. In: Serdyuk AM, Bebeshko VG, Bazyka DA, editors. [Health consequences of the Chornobyl catastrophe: 1986-2011]. Ternopil: TDMU; 2011. p. 35-64. Ukrainian.
2. Likhtarev IA, Kovgan LM, Chumak W, Vasylenko W, Tsygankov MYa et al. [Radiological and health consequences of the Chornobyl catastrophe. Doses of irradiation of population]. In: [25 years of the Chornobyl catastrophe. Safety of the future]. Kyiv: KIM; 2011. p. 116-25. Ukrainian.
3. Perevozovikov ON, Vasilenko W, Litvinets LA, et al. [Massive multi-year WBC monitoring of population of Ukraine involved in the Chernobyl accident]. *Radiation Hygiene*. 2009;2(2):40-7. Russian.
4. Likhtarev IA, Los IP, Repin VS, et al.; Likhtarev IA, editor. [Dosimetric passportization of the settlements of Ukraine, which were exposed to radioactive contamination after the Chornobyl accident. Summary data, June 1991 - March 1995]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 1995. Coll. 5. 312 p. Russian.
5. Naumenko AS, Makarchuk OV, Kostenko OV. [Radiological state of farming lands in the Ukrainian Polissya]. *Agroecological Journal*. 2016. V.1, N.1: pp. 107-111. Ukrainian.
6. Gushchuk VI, Sachuk RM, Katyukha SM, Gushchuk IV. [Estimation of radioactive contamination of the food products of plant and animal origin in northern areas of Rivne region]. *Veterinary Biotechnology*. 2016;(28)62-8. Ukrainian.
7. Liko SM, Portuhai AI. [Ecological condition of soils of hayfields and pastures of the most contaminated territories in Rivne oblast]. *News of the Dnipropetrovsk State Agrarian-Economical University*. Dnipropetrovsk: Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University. 2012;(1):62-6. Russian.
8. Vasylenko W, Tsigankov MY, Nechaev SY, Pikta VO, Zadorozhna GM, Bilonyk AB. Peculiarities of internal radiation doses due to ^{137}Cs and ^{90}Sr intake in population from Zhytomyr oblast in a late period after the Chornobyl NPP accident. *Probl Radic Med Radiobiol*. 2013;18:59-69.
9. Vasilenko W, Perevozovikov OM, Pikta VO, et al. [Wide-scale dosimetric monitoring system with the use of whole body counter for population of radiologically contaminated territories]. In: *Problems of Radioactive Waste Management in Ukraine. X international Forum «Technology of Protection - 2011»*: Proc. Scientific-Technical Conf., Ministry of Emergencies of Ukraine. Kyiv: KIM. pp. 54-59. Ukrainian.
10. [Study of peculiarities of the formation of doses of internal radiation in population of RCT in remote period of the Chornobyl accident on the basis of introduction of optimized system for controlling of doses of internal radiation due to ^{137}Cs , ^{90}Sr incorporation]: Research & Development Report (final) #484. NRCRM NAMS of Ukraine. Chief: Nechaev S.Yu. Kyiv; 2012. 91 p. Ukrainian.
11. [Study of formation peculiarities of internal radiation doses in population of radiologically contaminated territories caused by the

12. Оценка доз внутреннего облучения населения за счет радиоцезия с использованием счетчиков излучения человека : методические рекомендации. НЦРМ АМН Украины. Киев, 1994. 19 с.
13. Проведение измерений с использованием счетчиков излучения человека при дозиметрической паспортизации населенных пунктов Украины : методические рекомендации / МинЧернобыль Украины. НЦРМ АМН Украины. Київ, 1996. 73 с.
14. 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.
15. Санітарний контроль за вмістом радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища : методичні рекомендації / під ред. А. Н. Марєя, А. С. Зикової. Москва, 1980. С. 335.
16. Активність радіонуклідів ^{90}Sr та ^{90}Y в лічильних зразках, одержаних методом селекції нуклідів. Методика виконання вимірювань з використанням сцинтиляційних спектрометрів та програмного забезпечення АК-1. - МІ-12-08-99 / Розробники: Бабенко В. В., Казимиров О. С., Рудик О. Ф. - Київ, 1999. - 33 с.
17. Руководство по методам контроля радиоактивности окружающей среды / под ред. И. А. Соболева, Е. Н. Беляева. М. : Медицина, 2002. 432 с.
18. Израэль Ю. А. Инструкция по отбору проб почв при радиационном обследовании загрязнения местности. Межведомственная комиссия. 1987. 7 с.
19. Fedirko P. A., Babenko T. F., Dorichevska R. Y., Garkava N. A. Retinal vascular pathology risk development in the irradiated at different ages as a result of Chornobyl NPP accident. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2015. Vol. 20. P. 467–473.
20. 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.
21. 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).
- ^{137}Cs , ^{90}Sr incorporation on a basis of integrated radiation monitoring at current stage of the Chernobyl accident]: Research & Development Report (final) #533. NRCRM NAMS of Ukraine. Chiefs: Vasilenko W, Nechaev SYu. Kyiv; 2015. 137 p. Ukrainian.
12. [Estimation of internal radiation doses from radioactive cesium in population using whole body counters]: methodical recommendations. NRCRM of the Academy of Medical Sciences of Ukraine. Kiev; 1994. 19 p. Russian.
13. [Conduction of measurements using whole body counters within dosimetric passportization of the settlements in Ukraine]: methodical recommendations. MinChornobyl of Ukraine. NRCRM of the Academy of Medical Sciences of Ukraine. Kyiv, 1996. 73 p. Russian.
14. Nechaev SYu, Vasilenko W, Pikta VO, et al. [Monitoring of internal radiation doses in population at later stage of the ChNPP accident with use of whole body counters]. Kyiv: SE «RCRM AMS of Ukraine»; 2010. 24 p. Ukrainian.
15. Mareya AN, Zikova AS, editors. [Methodical recommendations on sanitary control over the content of radioactive substances in environmental objects]. Moscow, 1980. 335 p. Russian.
16. Babenko W, Kazimirov OS, Rudik OF, Semeniutin OM, Shevchenko OI. [The activity of radionuclides ^{90}Sr and ^{90}Y in reference samples obtained by the selection of nuclides. Method of measurement performance using scintillation spectrometers and software AK-1. - MI-12-08-99]. Kyiv; 1999. 33 p. Ukrainian.
17. Sobolev IA, Belyaev EN, editors. [Manual on methods for controlling of environmental radioactivity]. M.: Medicine; 2002. 432 p. Russian.
18. Izrael Yu.A. [Instruction for soil sampling in radiation survey of terrain contamination]. Interdepartmental Commission; 1987. 7 p. Russian.
19. Fedirko PA, Babenko TF, Dorichevska RY, Garkava NA. Retinal vascular pathology risk development in the irradiated at different ages as a result of Chornobyl NPP accident. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2015;20:467-73.
20. [Permissible levels of ^{137}Cs , ^{90}Sr radionuclide content in food]: Hygienic Standard GN 6.6.1.1-130-2006. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, 2006. 22 p. Ukrainian.
21. [Contemporary radiological situation on 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 settlements of Rivne and Zhytomyr oblasts]. URL: <http://uiar.org.ua/Russ> (accessed 20.09.2017). Ukrainian.

Стаття надійшла до редакції 05.07.2018

Received: 05.07.2018