

УДК 504.06:504.064:637.07

СУЧАСНИЙ СТАН ЩОДО ЗАБРУДНЕННЯ ^{137}Cs МОЛОКА У НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА СМТ. НАРОДИЧІ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**О. В. КОСАРЧУК**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, <https://orcid.org/0000-0001-9669-1747>

E-mail: kosarchukolga@gmail.com

Ю. В. ХОМУТІНІН, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник, <https://orcid.org/0000-0002-4205-4352>*Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології Національного університету біоресурсів і природокористування України***М. М. ЛАЗАРЄВ**, кандидат біологічних наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-6286-0063>**В. В. ІЛЛЕНКО**, кандидат біологічних наук, старший викладач, <https://orcid.org/0000-0002-0058-0442>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.001](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.001)

Анотація. Проаналізовано основні результати вибіркового моніторингу вмісту ^{137}Cs у молоці корів особистих підсобних господарств у населеному пункті Народичі, Житомирської області та 14 населених пунктах Рівненської області. Всього у Рівненській області було відібрано і проаналізовано за 2023 рік 213 проб молока та близько 30 в смт Народичі.

Аналіз відібраних зразків молока на вміст ^{137}Cs показав, що стан із забрудненням ^{137}Cs даної продукції тваринництва має складну динаміку. Середні значення забруднення ^{137}Cs незбираного молока у більшості населених пунктах мережі моніторингу перевищують гігієнічні нормативи (ДР-2006 - 100 Бк/л). Перевищення допустимого рівня зафіксовано у 70 % відібраних проб молока. Найвище значення концентрації активності даного радіонукліду 350 Бк/л спостерігається у населеному пункті Старе Село. Спостерігали сезонну зміну питомої активності радіонукліду в молоці. У стійловий період питома активність молока за ^{137}Cs була відносно невисокою, у межах <2 – 88 Бк/л, тоді як у пасовищний період рівень забруднення молока за ^{137}Cs зростає до 100 - 350 Бк/л.

Дослідженнями встановлено, що за останні роки відмічається стійка тенденція до зниження радіоактивності молока. Але при відсутності проведення контрзаходів, зниження накопичення та переходу ^{137}Cs в молоко буде проходити в основному за рахунок фізичного розпаду радіонукліду. Природні процеси його абсорбції мінеральною частиною, скоріше за все вичерпали свої можливості і не будуть впливати на зменшення забруднення ним молока.

Ключові слова: ^{137}Cs , радіоактивне забруднення, моніторинг, молоко корів

Косарчук О. В., Хомутінін Ю. В., Лазарев М. М., Ілленко В. В.

Актуальність. У віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС дозові навантаження на людину визначаються переважно внутрішнім опроміненням, що є наслідком споживання забрудненої радіонуклідами сільськогосподарської продукції (Levchuk et al., 2016; Labunska I. et al., 2018). Основним шляхом забруднення продуктів харчування як рослинного, так і тваринного походження (через корми) є надходження радіонуклідів трофічними ланцюгами “грунт–рослина – тварина – продукція”.

При цьому лучні ценози виявляють здатність до формування особливо інтенсивних потоків радіонуклідів у ланці “грунт–рослина”. Дані екосистеми на сьогодні виступають одним із основних джерел опромінення населення. Їх критичність обумовлена не лише рівнями забруднення ґрунту, а й сукупністю природних умов, що визначають інтенсивність біогенної міграції радіонуклідів (Maloshtan et al., 2017).

З урахуванням того, що на забрудненій радіонуклідами території Полісся основним джерелом грубих кормів для молочної та м'ясної худоби є переважно природні луки (Prister & Sobolev, 1996).

Аналіз останніх джерел та публікацій. До цього часу забруднення молока ^{137}Cs у північних районах Полісся України залишається

актуальною проблемою. Основна частина критичної з радіологічної точки зору сільськогосподарської продукції на сьогоднішній день виробляється у приватному секторі. Залишковий, у минулі роки, принцип фінансування контрзаходів, (а на сьогоднішній час воно взагалі відсутнє), у приватних господарствах створив ситуацію, коли такі радіологічно критичні продукти як молоко та м'ясо великої рогатої худоби обумовлюють формування від 50 до 95 % внутрішньої дози опромінення населення (Гудков, 2000; Гудков, 2002; Пристер, 1999). Тому не випадково кількість населених пунктів з перевищенням ліміту річної дози опромінення досить близька до кількості пунктів, у яких середнє значення вмісту ^{137}Cs у молоці перевищує значення встановлених допустимих рівнів (ДР-2006) (Державні гігієнічні нормативи, 1997; Державні гігієнічні нормативи, 2006). Загалом для всього північного регіону України молоко, м'ясо, лісові гриби і ягоди є основними дозоутворюючими продуктами (Гудков, 2002).

Тому до цього часу однією із основних задач подолання наслідків аварії є зниження дози внутрішнього опромінення населення, яка у більшості випадків порівнянна або ж перевищує дозу зовнішнього опромінення (Пристер, 1999; Prister & Sobolev, 1996). Рішення цієї проблеми напряму пов'язане із особливостями

Косарчук О. В., Хомутінін Ю. В., Лазарев М. М., Ілленко В. В.

ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях.

Мета дослідження. Отримання актуальної інформації щодо радіологічної якості продуктів, що виробляються у приватному секторі та інформування населення та органів місцевого самоврядування. Створення науково-методичних засад для виробництва радіологічно безпечної продукції сільського господарства для радіаційного захисту населення у відповідності з нормативно правовою базою України.

Матеріали та методи досліджень. Проби молока відбирались у чистий, герметичний поліетиленовий посуд відповідної місткості. Для довготривалого зберігання відібраних проб молока застосовували розчин формальдегіду.

Після транспортування проби молока ретельно перемішували, переливались у вимірювальні ємності і зважували.

Вміст ^{137}Cs у попередньо підготовлених пробах визначався на високоефективному гамма-спектрометрі з напівпровідниковим детектором із високочистого германію «GEM-30185» фірми «EG & ORTEC» США (енергетична роздільна здатність по лінії ^{60}Co 1,78 кеВ, ефективність реєстрації відносно NaI 30 %). Вимірювання проводили в поліетиленових ємностях об'ємом 130 см³. Калібрування спектрометра здійснювалось із використанням

сертифікованих еталонних матеріалів відповідно до вимог стандартизованого методу (ASTM E181-10 Standard Test, 2010).

Результати досліджень та їх обговорення. Мережа вибіркового моніторингових досліджень сформована базуючись на результатах дозиметричної паспортизації за 2012 р. та моніторингових досліджень УкрНДІСГР, що були здійсненні у 2004-2022 рр. В мережу моніторингу 2023 р. увійшли найбільш «критичні», у радіологічному відношенні, населені пункти Рокитнівського, Зарічненського, Дубровицького районів Рівненської області. Щільність забруднення ^{137}Cs території цих населених пунктів варіює в межах від 20 до 100 кБк/м². Проби відбирались у пасовищний та стійловий періоди. Варто зауважити, що всього у Рівненській області було відібрано і проаналізовано за 2023 рік 213 проб молока. Зразки незбираного молока було відібрано в особистих селянських господарствах 14 населених пунктів.

Крім того, відбір був проведений у населеному пункті Житомирської області, а саме с. Народичі Коростенського району.

Аналіз відібраних зразків молока на вміст ^{137}Cs показав, що стан із забрудненням ^{137}Cs даної продукції тваринництва має складну динаміку (Рис. 1 - 2). Середні значення забруднення ^{137}Cs незбираного

Косарчук О. В., Хомутінін Ю. В., Лазарев М. М., Ілленко В. В.

молока у більшості населених пунктах мережі моніторингу перевищують гігієнічні нормативи (ДР-2006 - 100 Бк/л). В цілому, перевищення допустимого рівня зафіксовано у 70 % відібраних проб молока.

Так, рівні забруднення ^{137}Cs молока у населених пунктах, у різні строки відбору (стійловий і пасовищний періоди) становили

(середнє \pm STD): с. Старе Село 124 ± 58 - 206 ± 100 ; с. Дроздинь 75 ± 45 - 140 ± 50 ; с. Вежиця 86 ± 33 - 125 ± 46 ; с. Переходичі 72 ± 38 - 140 ± 42 ; с. Єльне - 31 ± 9 ; с. Познань <7 ; с. Хміль - 61 ± 40 ; с. Березове - 23 ± 9 ; с. Лисичин - 136 ± 74 ; с. Борове 56 ± 56 ; с. Серник 23 ± 16 ; с. Кухче - 11 ± 7 ; с. В.Черемель - 188 ± 35 ; с. Будимля - 69 ± 45 ; смт. Народичі 27 ± 11 - 133 ± 86 Бк/л.

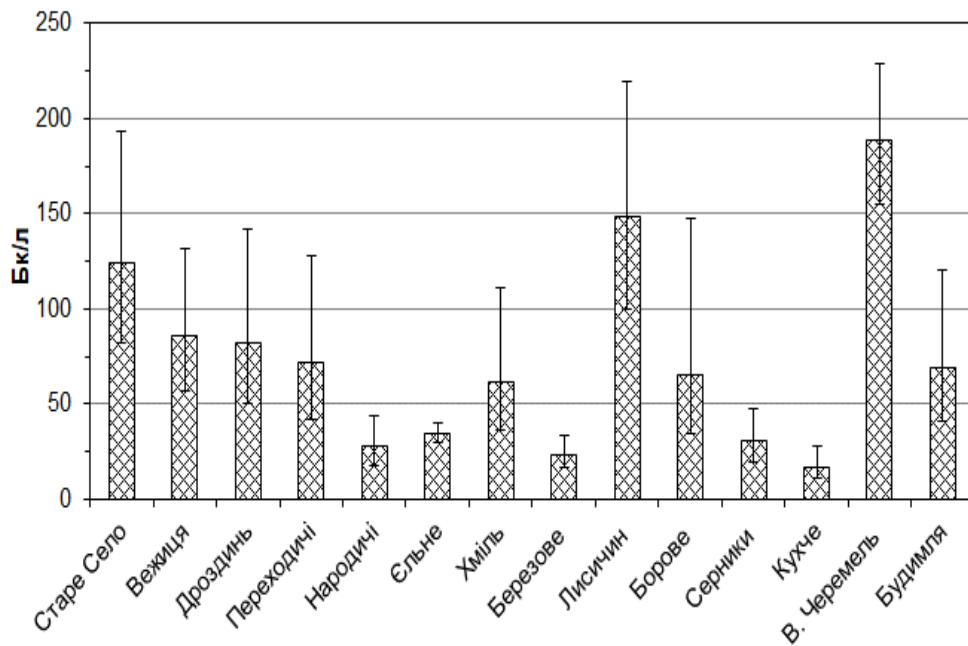


Рис. 1. Забруднення молока ^{137}Cs (Бк/л) у населених пунктах Рівненської області та смт Народичі Житомирської області навесні 2023 рік.

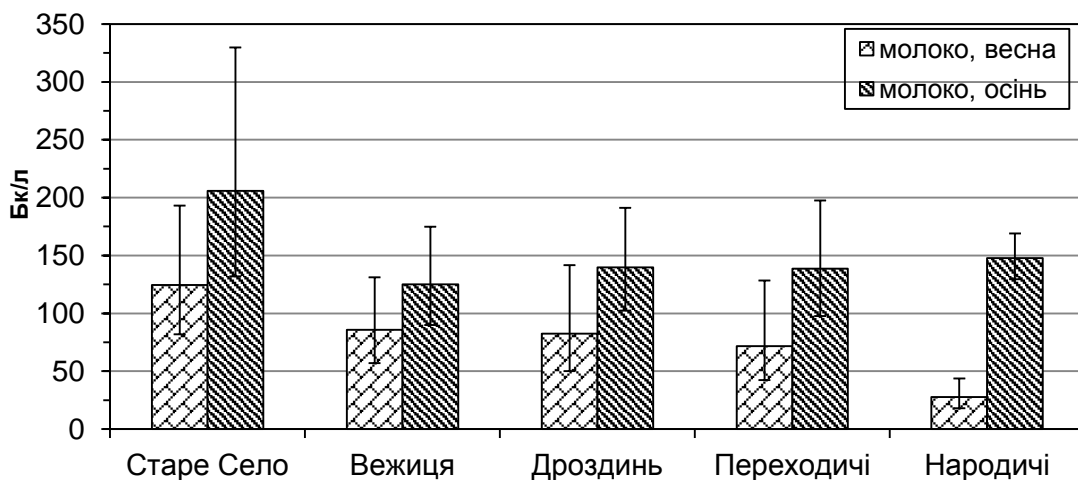


Рис. 2. Забруднення молока ^{137}Cs (Бк/л) у населених пунктах Рокитнівського району Рівненської області та смт Народичі Житомирської області на 2023 рік за різних умов утримання.

Контрзаходи, що спрямовані на зменшення вмісту ^{137}Cs у молоці, не проводяться в жодному населеному пункті.

Слід відмітити, що моніторинг забруднення ^{137}Cs молока було проведено у стійловий період, де питома активність молока за ^{137}Cs була відносно невисокою, у межах $<2 - 88$ Бк/л, тоді як у пасовищний період рівень забруднення молока за ^{137}Cs зростав до $100 - 350$ Бк/л. Не у всіх населених пунктах отримані результати відображають сезонні коливання рівнів забруднення пасовищної рослинності, що може бути обумовленим зміною місць випасу та зміною раціону тварин тому, що населення випасає худобу та здійснює заготівлю грубих кормів на природних неокультурених луках, ґрунти яких представлені рядом торф'яних і торф'яно-болотних відмін, специфічні фізико-хімічні та агрохімічні властивості яких сприяють високій міграційної здатності та біодоступності ^{137}Cs в системі «ґрунт-лучна рослинність» і, як наслідок обумовлює високий його вміст у молоці. Або ж коли висота травостою пасовища (восени) значно зменшується, тварини більше захоплюють дернину, що спричиняє зростання активності ^{137}Cs у їх раціоні та, відповідно спостерігається,

більший перехід радіонукліда в молоко. Загалом у всіх населених пунктах мережі моніторингу виявлені перевищення допустимих рівнів питомої активності ^{137}Cs у пробах молока. Найвище значення концентрації активності даного радіонукліду 350 Бк/л спостерігається у населеному пункті с. Старе Село.

Спостереження за динамікою (Рис. 3 - 4) мобільності радіоцезію за період після аварії на ЧАЕС, дозволяють стверджувати, що рівні радіоактивного забруднення молока стабілізувалися. Здійснені прогностичні оцінки (ASTM E181-10 Standard Test, 2010) вказують на те, що така радіологічна ситуація без застосування контрзаходів буде спостерігатись мінімум до 2040 року, а рівні забруднення місцевих продуктів харчування та дози внутрішнього опромінення населення будуть зменшуватись вкрай повільно, з періодом напівзменшення близько 20-30 років. У населених пунктах мережі моніторингу, без застосування контрзаходів для зменшення надходження ^{137}Cs в молоко зниження забруднення даної продукції буде проходити в основному за рахунок фізичного розпаду радіонукліду, що власне відмічається на протязі останніх років.

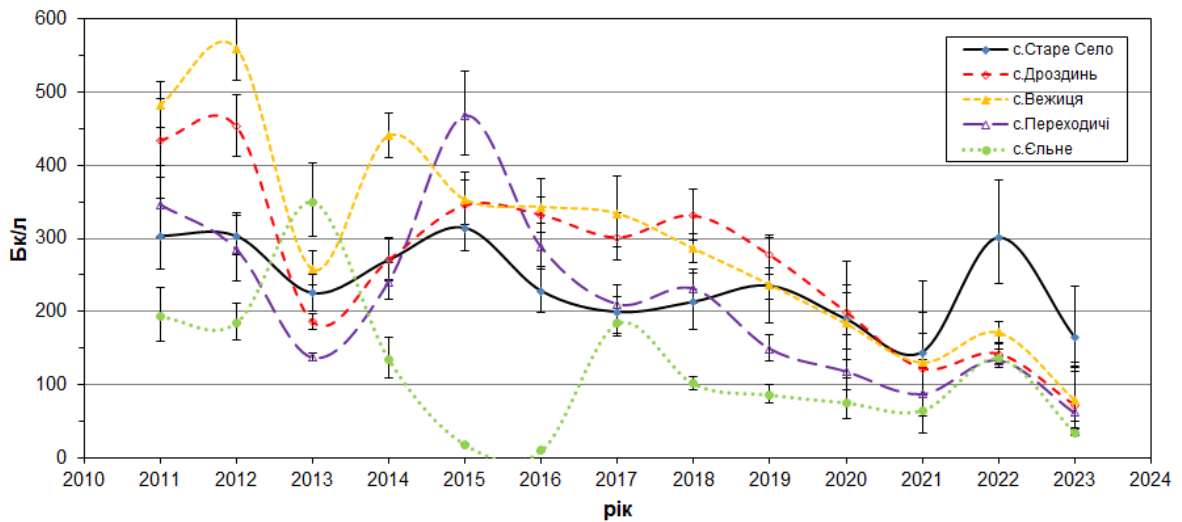


Рис. 3. Динаміка вмісту ^{137}Cs в пробах незбираного молока (Бк/л), яке вироблено в особистих підсобних господарствах «критичних» населених пунктів Рокитнівського району у період 2011-2023 рр.

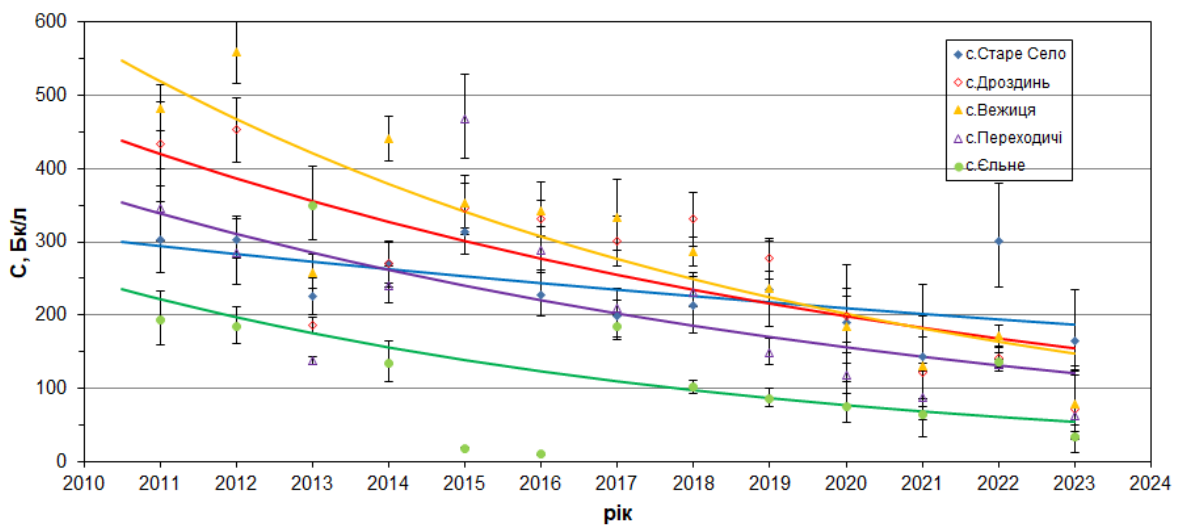


Рис. 4. Динаміка питомої активності ^{137}Cs в молоці корів в населених пунктах Рокитнівського району за моделлю $C = a \cdot \exp(-b \cdot (t - 2011))$.

Висновки і перспективи.

У критичних населених пунктах, при відсутності проведення контрзаходів, зниження накопичення та перехід радіонукліда в молоко буде проходити в основному за рахунок фізичного розпаду радіоактивного цезію. Природні процеси його абсорбції мінеральною частиною,

скоріше за все вичерпали свої можливості і не будуть впливати на зменшення забруднення ним молока.

Проведений моніторинг вмісту ^{137}Cs , протягом останніх 5 років, у молоці корів критичних населених пунктів Житомирської та Рівненської областей, показав, що значення середньорічної питомої активності

Косарчук О. В., Хомутінін Ю. В., Лазарев М. М., Ілленко В. В.

^{137}Cs перевищує допустимі рівні (100 Бк/л) лише на Рівненщині в селах (за зменшенням рівнів забруднення): Старе Село, Великий Черемель, Дроздинь, Лисичин, Переходичі, Вежиця [12, 13].

ПОДЯКА

Автори висловлюють подяку Національному фонду наукових

Список використаних джерел

1. Levchuk S. E., Lazarev M. M., Pavliuchenko V. V. Current state of ^{137}Cs contamination of cow milk in the northern regions of Ukraine. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. 2016. Vol. 17, no. 1. P. 69–75. URL:

<https://doi.org/10.15407/jnpae2016.01.069>

2. Labunska I. et al. Current radiological situation in areas of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident: Part 1. Human dietary exposure to Caesium-137 and possible mitigation measures. *Environment International*. 2018. Vol. 117. P. 250–259. URL:

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.053>.

3. Maloshtan I. et al. Assessment of radiological efficiency of countermeasures on peat-bog soils of Ukrainian Polissya. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2017. Vol. 175-176. P. 52–59. URL:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.03.026>

4. Prister B.S., Sobolev A.S. Radiological situation on the private farms after the accident at ChNPP. Proc.of intern. conf. “One decade after Chernobyl: summing up the consequences of the accident”. Vienna. 1996. P. 573-574.

5. Гудков І.М. Стратегія агропромислового виробництва продукції рослинництва і тваринництва на забруднених радіонуклідами територіях. Аграрна наука і освіта. 2000. № 1. С. 25 – 30.

6. Гудков И.Н. Общая стратегия ведения агропромышленного производства на загрязненных радионуклидами территориях. Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды: Материалы 4-ой международной научной конференции. Щучинск: ИЦ "АКВА", 2002. С. 14-15.

досліджень України за підтримку цієї роботи в рамках проекту №2022.01/0188 «Наукове обґрунтування щодо повернення виведених з обігу радіоактивно забруднених земель 2-ї зони ЧАЕС для поповнення продовольчого потенціалу України».

7. Пристер Б. С. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для сельского хозяйства Украины. Исследования ЦПЭР. 1999. No20. 103 с.

8. Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді». (ДР-97). Київ. Чорнобильінтерінформ, 1997. 12 с.

9. Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування та питній воді». (ДР-2006): наказ МОЗ України від 03.05.2006 р., No256.

10. Prister B.S., Sobolev A.S. Radiological situation on the private farms after the accident at ChNPP. Proc.of intern. conf. “One decade after Chernobyl: summing up the consequences of the accident”. Vienna. 1996. P. 573-574.

11. ASTM E181-10 Standard Test Methods for Detector Calibration and Analysis of Radionuclides, 2010

12. Радіоактивне забруднення ^{137}Cs молока. (n.d.). http://www.uiar.org.ua/Ukr/nine_milk.htm

13. Зиль В. Звіт про радіологічний контроль продукції в агропромисловому комплексі Рівненської області за 2018 - 2021 рік (Рівне: Центр з організації радіологічного контролю в агропромисловому комплексі Рівненської області, 2021).

Reference

1. Levchuk S. E., Lazarev M. M., Pavliuchenko V. V. (2016). Current state of ^{137}Cs contamination of cow milk in the northern regions of Ukraine. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. Vol. 17, no. 1. P. 69–75.

Косарчук О. В., Хомутінін Ю. В., Лазарев М. М., Ілленко В. В.

URL:

<https://doi.org/10.15407/jnpae2016.01.069>

2. Labunska I. et al. (2018). Current radiological situation in areas of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident: Part 1. Human dietary exposure to Caesium-137 and possible mitigation measures / *Environment International*. Vol. 117. P. 250–259. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.053>.

3. Maloshtan I. et al. (2017). Assessment of radiological efficiency of countermeasures on peat-bog soils of Ukrainian Polissya. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 175-176. P. 52–59. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.03.026>

4. Prister B.S., Sobolev A.S. (1996). Radiological situation on the private farms after the accident at ChNPP. Proc.of intern. conf. “One decade after Chernobyl: summing up the consequences of the accident”. Vienna. P. 573-574.

5. Gudkov I.M. (2000). Strategy of agro-industrial production of plant and animal products in territories contaminated with radionuclides. *Agrarian science and education*. No. 1. P. 25-30.

6. Gudkov I.N. (2002). General strategy for conducting agro-industrial production in territories contaminated with radionuclides. *Problems of ecology of the agro-industrial complex and environmental protection: Proceedings of the 4th international scientific*

conference - Shchuchinsk: IC "AKVA", 14-15pp.

7. Prister B.S. (1999). The consequences of the Chernobyl accident for agriculture in Ukraine. *Issledovanija CPER*. K., 103 p.

8. (1997). Permissible levels of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in food and drinking water (PL-97). State hygienic standards. K.: Chornobylinterinform, 12 p.

9. (2006). Permissible levels of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in food and drinking water (PL-2006). State hygienic standards. K.: Ministry of Health of Ukraine, 13 p.

10. Prister B.S., Sobolev A.S. (1996). Radiological situation on the private farms after the accident at ChNPP. Proc.of intern. conf. “One decade after Chernobyl: summing up the consequences of the accident”. Vienna. P. 573-574.

11. (2010). ASTM E181-10 Standard Test Methods for Detector Calibration and Analysis of Radionuclides,

12. Radioactive ^{137}Cs contamination of milk. (n.d.). http://www.uia.org.ua/Ukr/nine_milk.htm

13. Zyl V. (2021). Report on Radiological Control of Products in the Agro-Industrial Complex of Rivne Region for 2018 - 2021 (Rivne: Center for the Organization of Radiological Control in the Agro-Industrial Complex of Rivne Region, 2021).

CURRENT STATE OF THE ^{137}Cs MILK POLLUTION IN SETTLEMENTS OF RIVNE REGION AND VILLAGE NARODYCHI ZHYTOMYR REGION

O. Kosarchuk, Y. Khomutin, M. Lazarev, V. Illienko

Abstract. *The article analyses the results of selective monitoring of ^{137}Cs content in milk from private households in the village of Narodychi, Zhytomyr region, and 14 settlements of Rivne region. A total of 213 milk samples were collected and analysed in 2023 in the Rivne region and about 30 in Narodychi.*

The analysis of the milk samples for ^{137}Cs content showed that the contamination of this livestock product with ^{137}Cs has complex dynamics. In most settlements of the monitoring network, the average values of ^{137}Cs contamination in whole milk exceed the hygienic standards (PL-2006 - 100 Bq/l). 70% of milk samples recorded an exceedance of the permissible level. The highest activity concentration of this radionuclide (350 Bq/l) was observed in Stare Selo. Seasonal changes in the activity concentration of the radionuclide in milk were also observed. During the stall period, the activity concentration of milk with ^{137}Cs ranged from less than 2 to 88 Bq/l.

Косарчук О. В., Хомутінін Ю. В., Лазарєв М. М., Ілленко В. В.

However, during the grazing period, the level of milk contamination with ^{137}Cs increased to 100-350 Bq/l.

Recent studies have shown a steady decrease in milk radioactivity. Nevertheless, without countermeasures, the reduction of ^{137}Cs accumulation and transfer to milk will be mainly due to the physical decay of the radionuclide. The mineral part has likely exhausted its absorption capabilities for the natural processes, and therefore, it will not affect the reduction of milk contamination.

Key words: ^{137}Cs , radioactive contamination, monitoring, cow's milk