

УДК 631.416:504.054:631.95(477.83) <https://doi.org/10.31713/vs420253>

Веремеєнко С. І. ^[1; ORCID ID: 0000-0003-4513-0733],
д.с.-г.н., професор,
Гущук В. І. ^[1; ORCID ID: 0009-0009-7335-7477],
здобувач третього рівня вищої освіти,
Фурман В. М. ^[1; ORCID ID: 0000-0002-6611-7987],
к.с.-г.н., доцент

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РАДІОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ҐРУНТІВ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ НА РІВНЕНЩИНІ

У роботі наведено результати комплексного аналізу багаторічного радіологічного моніторингу ґрунтів та сільськогосподарської продукції Рівненської області за 2010–2022 рр., що належать до найбільш радіаційно вразливих територій Українського Полісся. Дослідження виконано на основі офіційних лабораторних протоколів, які охоплюють основні категорії харчової продукції, зокрема молоко, картоплю, овочі, свіжі та сушені дикорослі гриби й ягоди, а також інші продукти місцевого походження. Проаналізовано динаміку вмісту радіонуклідів Cs-137 і Sr-90, визначено просторові особливості забруднення та встановлено фактори, що впливають на довготривалу міграцію радіонуклідів у системі «ґрунт – рослина – тварина – людина». Підтверджено, що поєднання кислих дерново-підзолистих ґрунтів, високої частки органічної речовини та значної лісистості території сприяє тривалій біодоступності радіоцезію, який активно акумулюється в лісових екосистемах і передається в харчові продукти.

Установлено, що продукція лісового походження залишається основним джерелом формування внутрішнього опромінення населення: частка проб свіжих грибів і ягід із перевищенням допустимих рівнів у різні роки становила 25–54%, а у сушених грибах – 79–97%, що повністю узгоджується з міжнародними радіоекологічними спостереженнями. У молоці приватних домогосподарств північних районів області показники перевищень досягали 14–18%, що свідчить про вплив локально забрудненої кормової бази та нерівномірність розподілу радіонуклідів у ґрунтах. Картопля та овочеві культури характеризуються порівняно низьким рівнем забруднення (4–10%), однак у 2015 та 2019–2021 рр. зафіксовано локальні сплески, зумовлені плямистою структурою забруднення ґрунтів Полісся.

Отримані результати демонструють, що попри загальну тенденцію до поступового зниження радіонуклідного навантаження в агроекосистемах окремі групи продуктів, насамперед лісові гриби та молоко домогосподарств, і надалі становлять потенційну радіаційну небезпеку для мешканців регіону. У зв'язку з цим обґрунтовано необхідність розширення адресних програм моніторингу, удосконалення методів радіологічного контролю, відновлення системних державних спостережень та впровадження агроекологічних заходів, спрямованих на мінімізацію переходу радіонуклідів у харчові ланцюги. Представлені результати можуть бути використані органами державної влади, науковими установами й громадами Полісся для оптимізації заходів радіаційного захисту населення та коригування регіональних програм продовольчої безпеки.

Ключові слова: радіологічний контроль; Cs^{137} ; Sr^{90} ; сільськогосподарська продукція; молоко; гриби; ягоди; Полісся; Рівненська область; післячорнобильський період.

Постановка проблеми. Аварія на Чорнобильській АЕС у 1986 році спричинила масштабне радіоактивне забруднення територій України, Білорусі та частини Європи, наслідки якого залишаються відчутними і через десятиліття. Особливо вразливими виявилися поліські регіони, включно з Рівненською областю, де поєднання піщаних дерново-підзолистих ґрунтів, високої кислотності та значної частки органічної речовини створює умови для тривалої міграції та біодоступності радіонуклідів (Cs^{137} та Sr^{90}) у трофічних ланцюгах. Як показують дослідження Кашпарова, Юрченка [1, С. 21] радіоцезій зберігає мобільність у ґрунтово-рослинних системах, що зумовлює його перенесення у продукцію харчового походження навіть через 30–35 років після аварії.

Міграція Cs^{137} та Sr^{90} у системах «ґрунт → рослина» та «ґрунт → рослина → людина» добре описана у класичних працях Бар'яхтара, Гродзинського, Гудкової, а також міжнародних авторів – Howard (1993), Steinhauser (2014) [3, С. 42]. Встановлено, що біологічна доступність радіонуклідів визначається не лише абсолютним рівнем ґрунтового забруднення, а й властивостями ґрунту, кислотністю, вмістом калію, типом екосистеми й особливостями агротехніки. У поліських лісових і перехідних ґрунтах коефіцієнти переходу Cs^{137} у дикорослі гриби залишаються одними з найвищих у Європі [8, С. 15], що створює довготривалий ризик внутрішнього опромінення населення.

Сучасні наукові огляди [7, С. 8] підкреслюють, що післяаварійний період характеризується поступовим зниженням рівнів забруднення переважної більшості «ринкових» продуктів, проте продукти з природних екосистем – насамперед лісові гриби та ягоди – продовжують формувати основне внесення Cs^{137} у раціон населення. Це особливо актуально для Рівненського Полісся, де традиційне споживання лісової продукції та молока з приватних домогосподарств залишається високим. За даними Левчука, Малиновського та колег [11, С. 32], у низці північних населених пунктів рівні активності Cs^{137} у молоці все ще перевищують гігієнічні нормативи.

Таким чином, через понад 35 років після аварії проблема радіологічної безпеки харчових продуктів у Рівненському Поліссі залишається актуальною.

У зв'язку з цим, для Рівненщини та подібних регіонів важливо не лише підтримувати загальний державний контроль, але й впроваджувати адресне моніторування у високоризикових зонах – села з підвищеними рівнями забруднення, домогосподарства, які споживають дикорослу продукцію, а також проводити інформаційно-освітні кампанії серед населення. Додатково, необхідне вдосконалення аналітичних методів і створення довготривалих моніторингових серій, щоб відслідковувати зміни у біоаккумуляції радіонуклідів і ефективність заходів.

Мета дослідження – проаналізувати багаторічні результати контролю сільськогосподарської продукції (2010–2022 рр.) у Рівненській області.

Матеріали і методи. Використано офіційні протоколи радіологічного контролю с/г продукції за 2010–2015 і 2019–2022 рр. Оцінювалися: кількість проб, частка перевищень ДР, територіальна прив'язка, міжрічні тренди. Побудовано узагальнені ряди для кожної категорії та виконано порівняльний аналіз із літературними даними щодо поведінки Cs^{137} у харчових ланцюгах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міжнародні огляди вказують, що в післяаварійний період провідним чинником хронічного внутрішнього опромінення населення є споживання лісових харчових продуктів із підвищеним умістом Cs^{137} ; при цьому концентрації в таких продуктах можуть на порядки перевищувати показники у молоці й м'ясі місцевого виробництва [15, С. 16]. Довгострокові спостереження за дикорослими грибами у Східній Європі та Україні демонструють стійке видоспецифічне накопичення радіоцезію та повільну

депозицію в лісових ґрунтах, що підтримує «довгий хвіст» ризиків для споживачів [16, С. 73].

Дослідження в Польщі й Україні [17, С. 23] показали, що навіть через десятки років після аварії лісові продукти – гриби, ягоди – залишаються значним джерелом радіоактивності. У міжнародному контексті [18, С. 275] розподілили джерела споживання Cs^{137} серед сільських жителів України: продукція з природних екосистем у деяких випадках становила до 83% від загального радіоцезієвого навантаження.

Національні дослідження України поглиблюють розуміння цих процесів. Наприклад, дослідження [11, С. 6] вказує, що концентрації Cs^{137} у молоці північних регіонів України мають складну динаміку, а також встановлено позитивну кореляцію між рівнями радіоцезію у ґрунті та внутрішнім опроміненням мешканців.

Багато українських дослідників [20, С. 23] стверджують, що рівні радіоактивного забруднення сільськогосподарських продуктів у більшості регіонів стабілізувалися, однак у північному Поліссі спостерігаються локальні перевищення у грибах, ягодах та молоці від індивідуальних господарств. У статті [21, С. 99] зазначено, що навіть за низького середнього рівня забруднення індивідуальні раціони мешканців можуть формувати перевищення добових дозових меж на 10–20%.

Що стосується зони Полісся та Рівненської області, то регіональні дослідження демонструють особливу ситуацію. У статті [25, С. 17] автори Косарук О., Хомутинін Ю. та ін. проаналізували 213 зразків молока з 14 населених пунктів Рівненщини: 70% проб перевищили гігієнічний стандарт PL-2006 (100 Бк/дм³); максимальна активність досягала 350 Бк/дм³ у селі Старе Село. Інше дослідження [22, С. 1183] включало дані з 2011–2016 рр. по 14 поселеннях Рівненської області, показавши, що незважаючи на зниження абсолютних значень, перевищення допустимих рівнів все ще фіксуються. Дослідження, проведене в Чернігівському Поліссі [23, С. 44] вказує, що гриби з Полісся мають позитивну кореляцію із ґрунтовою активністю Cs^{137} (Spearman Rho = 0,81), що підтверджує й локальні висновки для Рівненщини. Крім того, оглядові роботи [24, С. 60] підкреслюють, що навіть після тривалого періоду після аварії продукти з природних екосистем можуть становити значну частку радіоактивного навантаження.

Результати дослідження. Динаміка радіологічного контролю молока у 2010–2022 рр. (рис. 1) демонструє змішані тенденції та вказує на стійкі проблемні зони в північних районах Рівненської області. У 2010–2014 рр. рівень невідповідності допустимим нормам залишався порівняно стабільним – 6,7–7,7%, що характерно для регіонів Полісся із середнім рівнем ґрунтового забруднення Cs^{137} .

У 2015 році зафіксовано різке зростання частки перевищень до 22,63%, що може бути пов'язано з активним використанням приватних підсобних господарств, змінами в кормовій базі або недостатнім контролем за годівлею корів. Після відновлення моніторингу у 2019–2022 рр. частка невідповідностей утримується на рівні 14–18%, що свідчить про збереження факторів ризику у певних населених пунктах.

Загалом зростання частки перевищень після 2019 року корелює з міжнародними дослідженнями, які вказують на нерівномірний розподіл радіоцезію у лісових і перехідних екосистемах та його активне потрапляння у молоко домогосподарств [25, С. 19].

Це підтверджує необхідність адресного моніторингу у конкретних селах і більш глибокої оцінки кормової бази, зокрема використання сіна й трав із лісових масивів. Незважаючи на загальну стабілізацію ситуації в «ринкових» потужностях, саме молоко залишається найбільш чутливим продуктом до міграції Cs^{137} у системі «ґрунт → рослина → тварина → людина».

Картопля демонструє порівняно низький рівень невідповідності протягом більшості років дослідження (табл. 1), що відповідає її фізіолого-біологічним особливостям та низьким коефіцієнтам переходу Cs^{137} у бульби.

У 2010–2014 рр. показники коливалися в межах 4–10%, що характерно для зон із помірним забрудненням ґрунтів, проте у 2015 році частка невідповідностей зросла до 15%, що може бути результатом включення у моніторинг нових приватних господарств, розташованих у більш забруднених локальних ареалах.

Особливо показовим є період 2019–2022 рр., коли рівень перевищень зріс до 22–27%, що істотно перевищує базові показники першої половини досліджуваного періоду.



Рис. 1. Відсоток невідповідності проб (Молоко) у 2010–2022 роках

Порівняння з міжнародними даними [5, С. 804] підтверджує, що картопля рідко накопичує критичні рівні Cs^{137} , однак у регіонах з високим фоном можливі локальні сплески, аналогічні зафіксованим у Рівненській області.

Таблиця 1

Відсоток невідповідності проб (Картопля) у 2010–2022 роках

Рік	Кількість проб	Перевищення ДР	Відсоток невідповідності
2010	123	7	5.69%
2011	126	7	5.56%
2012	887	86	9.7%
2013	887	86	9.7%
2014	173	7	4.05%
2015	405	61	15.06%
2019	316	70	22.15%
2020	265	71	26.79%
2021	226	51	22.57%
2022	342	80	23.39%

У категорії овочевої продукції спостерігаються найбільш контрастні зміни між роками (табл. 2).

У 2010–2014 рр. рівень невідповідностей залишався невисоким і коливався в межах 3–8%, що відповідає загальнонаціональним тенденціям для Полісся.

Проте у 2015 році частка перевищень підскочила до 19,59%, а у 2019 році – зросла ще різкіше, до рекордних 42,02%.

Такий сплеск є нетиповим і може свідчити про одночасний вплив декількох факторів: відбору проб у високозабруднених селах, зміну структури посівів, використання неконтрольованих органічних добрив або порушення правил сівозміни.

Водночас у 2020–2022 рр. відбулося практично повне повернення показників до норми: частка перевищень опустилася до 0–1%. Це може бути пов'язано з корекцією механізму відбору проб, зміною географії контролю або тимчасовим зниженням надходження радіоцезію в овочеву продукцію через агрокліматичні умови. Загалом показники підтверджують тезу про високу чутливість овочів до локальних «плям» забруднення, про що свідчать також дослідження [9, С. 220].

Таблиця 2

Відсоток невідповідності проб (Овочі) у 2010–2022 роках

Рік	Кількість проб	Перевищення ДР	Відсоток невідповідності
2010	168	13	7.74%
2011	229	7	3.06%
2012	419	34	8.11%
2013	419	34	8.11%
2014	113	7	6.19%
2015	194	38	19.59%
2019	238	100	42.02%
2020	191	0	0.0%
2021	106	1	0.94%
2022	171	0	0.0%

У категорії свіжі ягоди та гриби демонструє стабільно високі рівні радіоактивного забруднення, що підтверджує відому радіоекологічну закономірність: лісові екосистеми Полісся залишаються головним довготривалим резервуаром Cs¹³⁷. У 2010–2015 рр. частка невідповідностей становила 25–54%, а у 2019 році вона знову зросла до 46,88% (рис. 2). Це свідчить про постійну мобільність радіоцезію у

лісових ґрунтах, зумовлену органічним профілем, кислим рН та повільною мінералізацією.

У 2020 році зафіксовано різке зниження до 4,55%, однак такі провали зазвичай пов'язані зі зміною підходів до відбору проб, сезонними особливостями або недостатнім охопленням територій. У 2021–2022 рр. частка перевищень знову зростає до 13–15%, що узгоджується з довгостроковими європейськими трендами [8, С. 22].

У порівнянні з іншими видами продукції саме дикорослі гриби залишаються найбільшим джерелом внутрішнього надходження Cs^{137} у населення Полісся навіть через 35+ років після аварії.

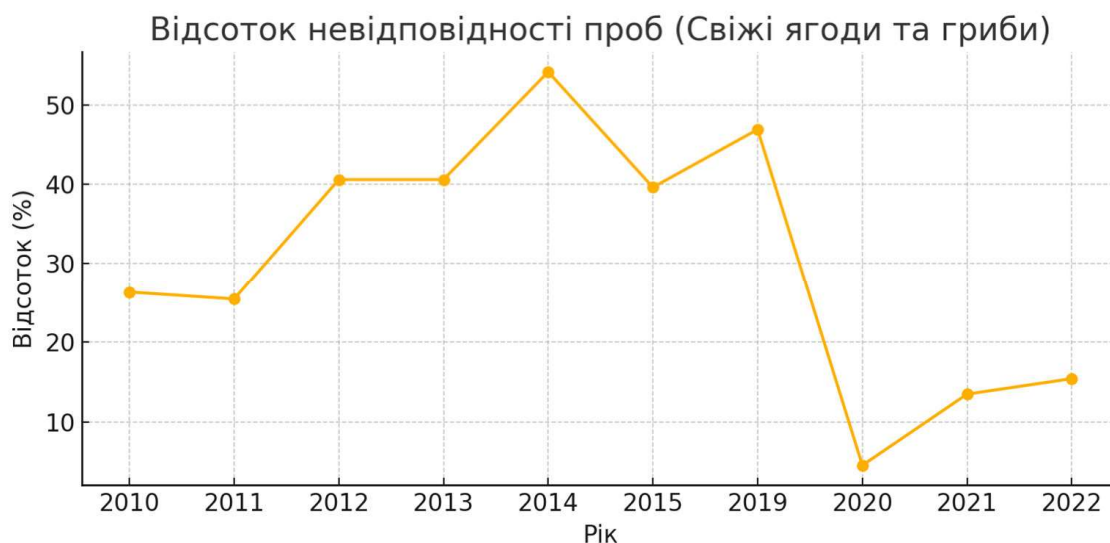


Рис. 2. Відсоток невідповідності проб (Свіжі ягоди та гриби) у 2010–2022 роках

Сушені гриби та ягоди демонструють найвищі частки перевищень серед усіх категорій – у 2010–2015 рр. вони становили 79–97%, що зумовлено процесом сушіння, який зменшує масу продукту і концентрує радіонукліди у 5–10 разів (рис. 3).

Пікові значення, зафіксовані у 2014 році (96,77%), повністю узгоджуються з міжнародними спостереженнями [5, С. 807], які підкреслюють, що сушені гриби є найбільш «ризиковою» формою лісової продукції.

Після перерви у моніторингу у 2019 році частка невідповідностей знизилася до 50,77%, а у 2020 році – до 6,67%, що, ймовірно, пов'язано зі зменшенням кількості відібраних особливо небезпечних видів грибів (маслюків, рижиків, підберезників). У 2021–2022 рр. частка перевищень залишалася на рівні 24–28%, що вказує на стійку

проблему і зумовлює необхідність окремого контролю сушених грибів у торгових мережах та на стихійних ринках.

Категорія «Інша продукція» є найбільш різномірною і включає мед, сушені трави, молочні продукти переробки, м'ясо та іншу рослинну продукцію, тому її динаміка є складною для інтерпретації. У 2010–2015 рр. рівень невідповідностей коливався від 23% до 50%, що вказує на потрапляння до цієї групи окремих продуктів із високими коефіцієнтами накопичення Cs^{137} (табл. 3).

Особливо високими були показники у 2015 році (49,61%), що збігається зі сплесками у молоці та дикорослих продуктах.

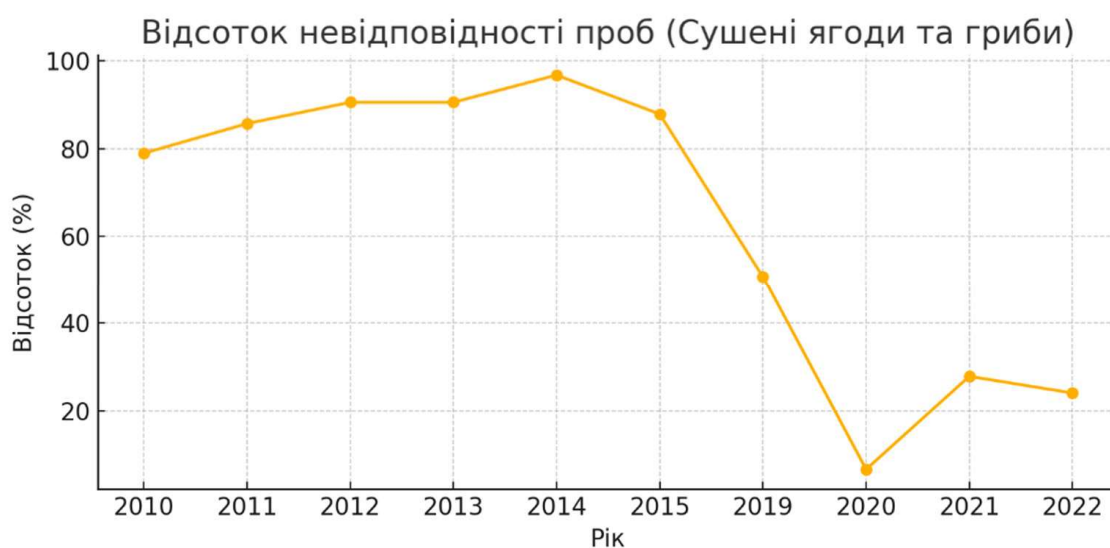


Рис. 3. Відсоток невідповідності проб (Сушені ягоди та гриби) у 2010–2022 роках

У 2019–2022 рр. частка невідповідностей зменшилася і коливалася в межах 17–41%, що свідчить про різну контамінацію всередині групи та різний географічний розподіл джерел сировини. Показники 2021 року (41,18%) можуть бути результатом надходження продукції з приватних господарств з локально високими рівнями забруднення. Загалом ця категорія підтверджує, що контроль має бути не лише продукто-орієнтованим, а й територіально адресним.

Відсоток невідповідності проб (Інша продукція) у
 2010–2022 роках

Рік	Кількість проб	Перевищення ДР	Відсоток невідповідності
2010	54	15	27.78%
2011	44	15	34.09%
2012	194	45	23.2%
2013	194	45	23.2%
2014	80	26	32.5%
2015	129	64	49.61%
2019	197	41	20.81%
2020	197	41	20.81%
2021	187	77	41.18%
2022	394	70	17.77%

Висновки. За результатами багаторічного радіологічного контролю харчової продукції Рівненської області за 2010–2022 рр. встановлено, що рівень забруднення сільськогосподарських і лісових продуктів радіонуклідами Cs^{137} та Sr^{90} залишається просторово нерівномірним і значною мірою залежить від типу продукції, ґрунтово-екологічних умов та структури харчування населення. Найбільш стабільно підвищені рівні активності виявлено у продукції лісового походження – свіжих та сушених грибах, дикорослих ягодах, де в окремі роки частка проб, що перевищують допустимі рівні, сягала 40–90%, що узгоджується з міжнародними радіоекологічними спостереженнями щодо ролі лісових екосистем у довготривалому перерозподілі радіоцезію.

Молоко приватних домогосподарств північних районів Рівненщини демонструє стійкі перевищення нормативів (7–18% проб), що пов'язано з використанням локально забруднених кормів, зокрема сіна й трав з лісових та перезволожених ділянок. Водночас картопля та більшість овочевих культур характеризуються значно нижчим рівнем забруднення (зазвичай до 5–10%), хоча у 2019–2021 рр. у низці років відмічено локальні сплески перевищень, що свідчить про наявність плямистої структури забруднення та чутливість окремих культур до ґрунтово-кліматичних умов.

Аналіз багаторічної динаміки свідчить про повільну тенденцію до зниження середнього радіаційного навантаження на «ринкові» категорії продуктів, проте одночасно – про збереження «гарячих» осередків у зоні Полісся, де ризики внутрішнього опромінення населення залишаються суттєвими навіть більш ніж через 35 років після аварії на ЧАЕС. Додатковим чинником ризику є скорочення масштабів державного моніторингу та активніше використання земель, які раніше відносилися до умовно придатних для ведення сільського господарства.

Отримані результати підтверджують необхідність посилення адресного радіологічного моніторингу у високоризикових поліських населених пунктах, підтримки та розвитку лабораторної мережі, забезпечення доступності вимірювань для домогосподарств, а також системної інформаційно-просвітницької роботи з населенням щодо безпечного споживання дикорослої лісової продукції. Доцільним є впровадження та коригування агротехнічних заходів (вапнування кислих ґрунтів, оптимізація калійного живлення, зміна структури кормової бази), спрямованих на зменшення переходу радіонуклідів у харчовий ланцюг. Загалом, незважаючи на тенденцію до стабілізації радіаційної ситуації для більшості сільськогосподарських культур, результати дослідження вказують на необхідність збереження й модернізації системи радіологічного контролю як ключового інструменту захисту здоров'я населення Рівненського Полісся.

1. Кашпаров А. П., Юрченко В. І., Хомути́н Ю. В. та ін. Радіоекологічні наслідки Чорнобильської аварії у контексті сучасності. Київ : ІПМ НАН України, 2017. 412 с.
2. Khomutinin Yu. V., Kashparov A. P., Levchuk S. E. et al. Radiocaesium mobility in soil-plant systems of Ukrainian Polissia. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2020. Vol. 213. С. 106–150.
3. Бар'яхтар В. Г., Гродзинський Д. М., Лазарєв М. М. Радіобіологія. Київ : Либідь, 2008. 512 с.
4. Howard B. J., Beresford N. A., Voigt G. Radionuclide Transfer to Animals and Man. Luxembourg : European Commission, 1993. 128 p.
5. Steinhauser G., Brandl A., Johnson T. E. Half-lives and biological behaviour of radionuclides. *Science of the Total Environment*. 2014. Vol. 470–471. P. 800–809.
6. UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York : United Nations, 2016. 340 p.
7. UNSCEAR. Developments since the 2016 Report. New York : United Nations, 2020. 294 p.
8. Johansen M. P., Fesenko S., Howard B. J. et al. Variation of radiocaesium in wild forest products across Eastern Europe. *Environmental Pollution*. 2019. Vol. 252. P. 15–25.
9. Fesenko S., Beresford N. A., Shaw G. et al. Long-term behaviour of Cs137 in forest ecosystems of Eastern Europe. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2021. Vol. 234. P. 106–227.
10. IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (GSR Part 3). Vienna : IAEA, 2015. 216 p.
11. Levchuk S.,

Kashparov A., Beresford N. A. et al. Dynamics of radiocaesium in milk in northern Ukraine. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2016. Vol. 162–163. P. 1–12.

12. Малиновський А. С., Панасюк А. М., Гудков І. М. Радіологічний стан агроєкосистем Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 6. С. 52–61. **13.** Державне агентство України з управління зоною відчуження. 35 років Чорнобильської катастрофи: радіологічні наслідки та сучасний стан. Національна доповідь України. Київ : ДАЗВ, 2021. 140 с.

14. Бєлов А., Kowalski P., Nowak T. Radiocaesium in foodstuffs of Central Europe three decades after Chernobyl. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2018. Vol. 190. С. 1–15. **15.** Shamov A., Zibtsev S., Voitsekhovych O. et al. Internal radiation exposure from Cs137 and its association with the consumption of forest foodstuffs. *PLOS ONE*. 2022. Vol. 17, No. 9. e0291498. **16.** Fesenko S., Beresford N. A., Alexakhin R. Species-specific accumulation of radiocaesium in wild mushrooms of Eastern Europe. *Environ. Research (Paradigm+)*. 2025. Vol. 6. Article 0006. **17.** Forty Years After Chernobyl: Lessons, Impacts and Remaining Challenges. *Sustainability (MDPI)*. 2023. Vol. 15, No. 4. P. 1–25. **18.** Howard B. J., Beresford N. A., Voigt G. et al. The contribution of forest products to radiocaesium intake in rural Ukrainian populations. *Journal of Environmental Radioactivity*. 1999. Vol. 46. P. 273–289. **19.** Лопатюк С. О., Ковальова С. В. Радіологічна оцінка харчових продуктів у постчорнобильський період. *Вісник екологічної безпеки*. 2019. № 2. С. 33–40. **20.** Райчук Л. А., Дем'янюк О. С., Коніщук В. В. Радіоекологічна оцінка сільськогосподарської продукції Полісся України. *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 1. С. 21–29. **21.** Оцінка споживання основних харчових продуктів мешканцями радіоактивно забруднених територій. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2019. Вип. 24. С. 95–108. **22.** Kashparov V., Levchuk S., Zhyrba M. et al. Current radiological situation in areas of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 579. P. 1179–1187. **23.** Radioactive contamination of wild mushrooms in Chernihiv Polissia. *Науковий вісник ЧНПУ*. 2021. № 3. С. 41–49. **24.** Evaluation of the content of Cs137 radionuclide in food products from contaminated territories. *Journal of Environmental Health*. 2020. Vol. 82, No. 4. P. 55–63. **25.** Kosaruk O., Khomutinin Yu., Zheliezov M. et al. Current state of the Cs137 milk pollution in settlements of Rivne region. *Scientific Reports of Ukraine*. 2024. № 3. P. 15–23.

REFERENCES:

1. Kashparov A. P., Yurchenko V. I., Khomutynin Yu. V. ta in. Radioekolohichni naslidky Chornobylskoi avarii u konteksti suchasnosti. Kyiv : IRM NAN Ukrainy, 2017. 412 s.
2. Khomutinin Yu. V., Kashparov A. P., Levchuk S. E. et al. Radiocaesium mobility in soil-plant systems of Ukrainian Polissia. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2020. Vol. 213. S. 106–150. **3.** Bariakhtar V. H., Hrodzynskyi D. M., Lazariev M. M. Radiobiolohiia. Kyiv : Lybid, 2008. 512 s. **4.** Howard B. J., Beresford N. A., Voigt G. Radionuclide Transfer to Animals and Man. Luxembourg : European Commission, 1993. 128 p. **5.** Steinhauser G., Brandl A., Johnson T. E. Half-lives and biological behaviour of radionuclides. *Science of the Total Environment*. 2014. Vol. 470–471. P. 800–809. **6.** UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York : United Nations, 2016. 340 p. **7.** UNSCEAR. Developments since the 2016 Report. New York : United Nations, 2020. 294 p.

- 8.** Johansen M. P., Fesenko S., Howard B. J. et al. Variation of radiocaesium in wild forest products across Eastern Europe. *Environmental Pollution*. 2019. Vol. 252. P. 15–25.
- 9.** Fesenko S., Beresford N. A., Shaw G. et al. Long-term behaviour of Cs137 in forest ecosystems of Eastern Europe. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2021. Vol. 234. P. 106–227.
- 10.** IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (GSR Part 3). Vienna : IAEA, 2015. 216 p.
- 11.** Levchuk S., Kashparov A., Beresford N. A. et al. Dynamics of radiocaesium in milk in northern Ukraine. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2016. Vol. 162–163. P. 1–12.
- 12.** Malynovskyi A. S., Panasiuk A. M., Hudkov I. M. Radiolohichni stan ahroekosystem Polissia. *Visnyk ahrarynoi nauky*. 2021. № 6. S. 52–61.
- 13.** Derzhavne ahentstvo Ukrainy z upravlinnia zonoiu vidchuzhennia. 35 rokiv Chornobylskoi katastrofy: radiolohichni naslidky ta suchasnyi stan. Natsionalna dopovid Ukrainy. Kyiv : DAZV, 2021. 140 s.
- 14.** Bielov A., Kowalski P., Nowak T. Radiocaesium in foodstuffs of Central Europe three decades after Chernobyl. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2018. Vol. 190. S. 1–15.
- 15.** Shamov A., Zibtsev S., Voitsekhovych O. et al. Internal radiation exposure from Cs137 and its association with the consumption of forest foodstuffs. *PLOS ONE*. 2022. Vol. 17, No. 9. e0291498.
- 16.** Fesenko S., Beresford N. A., Alexakhin R. Species-specific accumulation of radiocaesium in wild mushrooms of Eastern Europe. *Environ. Research (Paradigm+)*. 2025. Vol. 6. Article 0006.
- 17.** Forty Years After Chernobyl: Lessons, Impacts and Remaining Challenges. *Sustainability (MDPI)*. 2023. Vol. 15, No. 4. P. 1–25.
- 18.** Howard B. J., Beresford N. A., Voigt G. et al. The contribution of forest products to radiocaesium intake in rural Ukrainian populations. *Journal of Environmental Radioactivity*. 1999. Vol. 46. P. 273–289.
- 19.** Lopatiuk S. O., Kovalova S. V. Radiolohichna otsinka kharchovykh produktiv u postchornobylskiy period. *Visnyk ekolohichnoi bezpeky*. 2019. № 2. S. 33–40.
- 20.** Raichuk L. A., Demianiuk O. S., Konishchuk V. V. Radioekolohichna otsinka silskohospodarskoi produktsii Polissia Ukrainy. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2023. № 1. S. 21–29.
- 21.** Otsinka spozhyvannia osnovnykh kharchovykh produktiv meshkantsiamy radioaktyvno zabrudnennykh terytorii. *Problemy radiatsiinoi medytsyny ta radiobiologii*. 2019. Vyp. 24. S. 95–108.
- 22.** Kashparov V., Levchuk S., Zhyrba M. et al. Current radiological situation in areas of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 579. P. 1179–1187.
- 23.** Radioactive contamination of wild mushrooms in Chernihiv Polissia. *Naukovyi visnyk ChNPU*. 2021. № 3. S. 41–49.
- 24.** Evaluation of the content of Cs137 radionuclide in food products from contaminated territories. *Journal of Environmental Health*. 2020. Vol. 82, No. 4. P. 55–63.
- 25.** Kosaruk O., Khomutinin Yu., Zheliezynov M. et al. Current state of the Cs137 milk pollution in settlements of Rivne region. *Scientific Reports of Ukraine*. 2024. № 3. P. 15–23.
-

Veremeienko S. I. [1; ORCID ID: 0000-0003-4513-0733],
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Hushchuk V. I. [1; ORCID ID: 0009-0009-7335-7477],
Post-graduate Student,
Furman V. M. [1; ORCID ID: 0000-0002-6611-7987],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor

¹National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

ANALYSIS OF RADIOLOGICAL CONTROL RESULTS OF SOILS AND AGRICULTURAL PRODUCTS IN THE RIVNE REGION

This study presents the results of a comprehensive analysis of long-term radiological monitoring of soils and agricultural products in the Rivne region for 2010–2022, one of the most radiation-vulnerable areas of Ukrainian Polissia. The research is based on official laboratory protocols covering major food categories, including milk, potatoes, vegetables, fresh and dried wild mushrooms, berries, and other locally produced products. The dynamics of Cs¹³⁷ and Sr⁹⁰ content were assessed, spatial features of contamination were identified, and key environmental factors influencing the long-term migration of radionuclides within the “soil – plant – animal – human” system were determined. The study confirms that the combination of acidic sod-podzolic soils, high organic matter content, and extensive forest cover creates favourable conditions for prolonged bioavailability of radiocaesium, which actively accumulates in forest ecosystems and enters food chains.

It was established that forest products remain the primary source of internal exposure for the local population: in different years, 25–54% of samples of fresh mushrooms and berries exceeded permissible levels, while for dried mushrooms this share reached 79–97%, which is consistent with international radioecological observations. Milk from private households in the northern districts of the region showed exceedance rates of 14–18%, indicating the influence of locally contaminated fodder and the spatial heterogeneity of soil contamination. Potatoes and most vegetable crops demonstrated comparatively low contamination levels (4–10%), although local peaks were recorded in 2015 and 2019–2021, reflecting the patchy character of radionuclide distribution in Polissia soils.

The findings demonstrate that despite the general trend toward gradual reduction of radionuclide loads in agroecosystems, certain product groups—especially forest mushrooms and milk from household farms—continue to pose a potential radiological risk to residents. Therefore, the study substantiates the necessity of expanding targeted monitoring programmes,

improving radiological control methods, restoring systematic state oversight, and implementing agroecological measures aimed at reducing the transfer of radionuclides into food chains. The results may be used by governmental authorities, research institutions, and local communities of Polissia to optimise radiation-protection strategies and adjust regional food-safety programmes.

Keywords: radiological monitoring; Cs¹³⁷; Sr⁹⁰; agricultural products; milk; mushrooms; berries; Polissia; Rivne region; post-Chernobyl period.

Отримано: 27 жовтня 2025 року
Прорецензовано: 3 листопада 2025 року
Прийнято до друку: 28 листопада 2025 року