



НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РЕАБІЛІТАЦІЇ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ У КОНТЕКСТІ ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ

О.І. Дребот¹, О.С. Дем'янюк², Л.А. Райчук³

¹доктор економічних наук, професор, академік НААН

²доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН

³кандидат сільськогосподарських наук

Інститут агроекології і природокористування НААН

вул. Метрологічна, 12, Київ, 03143, Україна

e-mail: ¹drebot_oksana@ukr.net, ²demolena@ukr.net, ³edelvice@ukr.net

ORCID: ¹0000-0003-2681-1074, ²0000-0002-4134-9853, ³0000-0002-2552-4578

Надійшла 29.09.2021

Мета. Окреслити науково-методичні засади реабілітації радіоактивно забруднених агроландшафтів Українського Полісся у контексті Європейського Зеленого Курсу з урахуванням сучасних екологічних та соціально-економічних особливостей регіону для забезпечення повноцінної інтеграції держави до Європейського простору. **Методи.** Системний аналіз та синтез; для обробки та аналізу даних використовували загальноприйняті методи дискриптивної та варіаційної статистик, а також ідентифікацію функції розподілу дози опромінення населення. Статистична обробка результатів дозиметрії та аналіз експериментальних даних було здійснено за допомогою OriginPro 9 і Microsoft Excel 2016. **Результати.** За 35 років після аварії на Чорнобильській АЕС площа забрудненої радіонуклідами території та рівні радіаційного забруднення, насамперед ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr, істотно зменшилися — майже вдвічі, — що підтверджено даними радіологічних досліджень науково-дослідних установ. Результати фрагментарного радіологічного обстеження земель аграрного та лісового фондів, а також дозиметричного контролю населення свідчать про необхідність проведення широкомасштабного радіоекологічного моніторингу. **Висновки.** Радіоактивне забруднення агроландшафтів Українського Полісся на тлі необхідності комплексної реабілітації регіону є однією з актуальних проблем України за реалізації пунктів стратегії «Від ферми до виделки» у рамках Європейського Зеленого Курсу. Ситуація, що склалась у радіоактивно забруднених агроландшафтах, зокрема рівень радіаційного забруднення сільгосппродукції, є комплексною та ускладнюється не лише суто радіоекологічними, а й іншими чинниками, зокрема: особливостями природно-кліматичних умов, станом ґрунтового покриву, матеріально-технічними характеристиками господарств, а отже,

й економічним розвитком регіону, а також низкою соціальних складових тощо. Розвиток аграрного виробництва у цих районах має здійснюватися на основі науково обґрунтованої стратегії і рекомендацій, спрямованих на мінімізацію доз опромінення населення України й акцентуванні уваги на біологічно та екологічно спрямованих заходах.

Ключові слова: *Європейський Зелений Курс, Українське Полісся, реабілітація, агроландшафт, радіаційне забруднення.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202202-10>

Світові тенденції останніх двох десятиліть щодо формування зеленого підходу в розвитку найрізноманітніших сфер суспільного життя стають дедалі актуальнішими для України. Беручи до уваги те, що АПК нашої держави є одним із основних секторів економіки та становить майже 10% ВВП, а також прагнення повноцінно інтегруватися в європейську спільноту, зокрема в напрямі екологічної політики, питання переходу до зеленої економіки — серед пріоритетних на сьогодні, в тому числі з огляду на приєднання України до Європейського Зеленого Курсу (ЄЗК) [1] та його стратегії «Від ферми до виделки» [2]. Однак український аграрний сектор характеризується низкою особливостей і проблем, які потребують зваженого диференційованого підходу, зокрема радіоактивне забруднення чималих територій.

Унаслідок аварії на Чорнобильській АЕС постраждали 512 тис. га сільгоспугідь та 492 тис. га лісів [3]. Полісся є найбільш критичним з погляду радіаційної ситуації в аграрній сфері [4]. Незважаючи на велику кількість результатів наукових досліджень, наданих рекомендацій, розроблених стратегій тощо, сільське господарство регіону так і не було належним чином реабілітоване.

Нині, 35 років потому, більшість типових для забрудненої радіонуклідами території Українського Полісся галузей агровиробництва так і не відновилися повною мірою. Внаслідок цього радіоекологічно чисті сільгоспугіддя держави експлуатуються необґрунтовано інтенсивно. Розораність земель в Україні досягла майже 57% території держави і наближається до 80% сільськогосподарських угідь [5]. Для порівняння, у розвинутих країнах Європи цей показник не перевищує 35%, у США — 17,6%

[6]. Внаслідок інтенсивної і часто надмірної експлуатації ґрунти стрімко втрачають свої агроекологічні функції.

Коли йдеться про реабілітацію Полісся України, переважно акцентують увагу лише на питанні радіонуклідного забруднення, залишаючи поза увагою інші екологічні проблеми.

Усі ці перешкоди стають на заваді реалізації Україною пунктів, передбачених Європейським Зеленим Курсом, і зокрема стратегією «Від ферми до виделки». Тому постає питання актуалізації інформації щодо стану радіаційного забруднення територій і розроблення системного підходу до реабілітації Полісся України у контексті вимог Європейського Зеленого Курсу.

Мета досліджень — окреслити науково-методичні засади реабілітації радіоактивно забруднених агроландшафтів Українського Полісся у контексті Європейського Зеленого Курсу з урахуванням сучасних екологічних та соціально-економічних особливостей регіону для забезпечення повноцінної інтеграції держави до Європейського простору.

Методи досліджень — системний аналіз та синтез матеріалів наукових досліджень щодо ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС та комплексної реабілітації регіону Українського Полісся, експериментальні дослідження, проведені співробітниками Інституту агроекології і природокористування НААН за період із часу аварії, а також опрацювання загальнодоступних аналітичних матеріалів. Для обробки та аналізу даних використовували загальноприйняті методи дискриптивної та варіаційної статистик, а також ідентифікацію функції розподілу дози опромінення населення. Статистична обробка

результатів дозиметрії та аналіз експериментальних даних було здійснено за допомогою OriginPro 9 і Microsoft Excel 2016.

Результати досліджень. За 35 років після аварії на ЧАЕС майже вдвічі скоротилася площа території з рівнями забруднення ¹³⁷Cs, які перевищують 10 кБк/м². Більше ніж утричі зменшилася площа території із рівнем забруднення ⁹⁰Sr понад 4 кБк/м² [7–11]. Тому актуальним є питання щодо можливості повернення частини цих земель у виробництво.

Нині питання реабілітації радіаційно забруднених територій досліджуються в установах Національної та галузевих академій наук, однак багато з наукових розробок так і не були повною мірою впроваджені на цих територіях. Окрім того, зміни клімату та нові світові зелені соціально-економічні й екологічні тенденції внесли деякі корективи у ставлення до радіологічної ситуації та викликали гостру необхідність розроблення

єдиної комплексної концепції управління радіоактивно забрудненими агроландшафтами як документа для управління постраждалими внаслідок аварії на ЧАЕС територіями на засадах зеленого зростання у рамках Європейського Зеленого Курсу.

Найістотнішими загальними недоліками у підходах до вирішення проблеми виробництва радіаційно безпечної сільгосппродукції, є: загальна неструктурованість системи ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС; зменшення обсягів впровадження протирадіаційних заходів; реалізація необґрунтованого сценарію ведення сільського господарства на радіоактивно забруднених територіях; неоднорідність складу отриманих результатів наукових досліджень, їх нелогічна впорядкованість і функціональна неповнота; відсутність ефективних методів використання отриманої інформації тощо.

Загальновідомо, що рівень небезпеки сільськогосподарської продукції з переви-

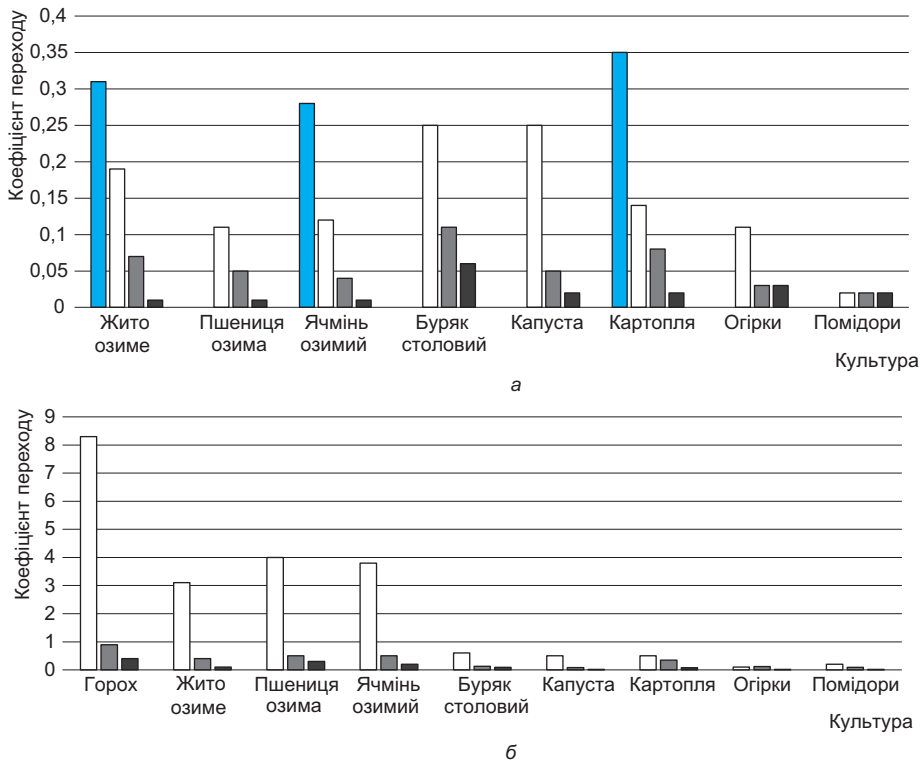


Рис. 1. Надходження радіонуклідів у врожай сільськогосподарських культур залежно від типу ґрунту: а — ¹³⁷Cs; б — ⁹⁰Sr; ■ — торф'яно-болотний ґрунт; □ — дерново-підзолистий ґрунт; ▒ — сірий лісовий ґрунт; ▓ — чорнозем опідзолений

щенням чинних гігієнічних нормативів умісту радіонуклідів залежить не лише від рівня забруднення території радіонуклідами, а й від самих особливостей екосистем. Нині найбільш критичними екосистемами з погляду винесення ^{137}Cs і ^{90}Sr із продукцією є перезволожені луки і пасовища, лісові масиви, а також агроекосистеми на органогенних ґрунтах [12–18]. Радіаційна критичність екосистем Українського Полісся ускладнюється типовими для регіону дерново-підзолистими ґрунтами та наявністю торф'яно-болотних ґрунтів, яким притаманні вищі рівні переходу радіонуклідів у рослини (рис. 1).

В останнє десятиліття у радіоактивно забруднених регіонах трапляються випадки перевищення допустимих рівнів умісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції, що виробляється у громадському секторі [4, 13, 19, 20].

Водночас, питома активність ^{137}Cs у традиційній паливній деревині переважно не перевищує встановленого нормативу, що дозволяє використовувати її для обігріву житлових приміщень у біоенергетиці та для виробництва пелет і брикетів. Однак на деяких територіях із високими рівнями радіоактивного забруднення досі простежується перевищення рівня забруднення радіонуклідами паливної деревини (переважно на території Житомирської обл.). Відбувається також вторинне забруднення агроекосистем унаслідок використання попелу у якості добрив [21–22].

Рівень забруднення ^{137}Cs рослинної олії, отриманої на територіях із високим рівнем радіоактивного забруднення, подекуди перевищує чинні гігієнічні нормативи в 2–6 разів [23].

Серед найзабрудненіших продуктів харчування на території Українського Полісся є коров'яче молоко, дикорослі гриби і ягоди, а також м'ясо диких тварин. Трапляються випадки перевищення допустимих рівнів умісту ^{137}Cs у молоці (до 5 разів) і в грибах (до 100 разів). Численні дослідження показують систематичне і значне перевищення вмісту радіонуклідів у великій кількості відібраних проб [16, 18]. Водночас молоко і гриби є традиційно одними з найбільш споживаних продуктів у раціоні харчування мешканців регіону (таблиця) [24].

Загалом нині радіаційна ситуація на забруднених територіях порівняно з раннім поставарійним періодом значно поліпшилася. За офіційними даними останньої загальнодозиметричної паспортизації 2011 р., вже 10 років тому в Україні за межами зони відчуження не було населених пунктів, які відповідали б критеріям II зони радіоактивного забруднення [25]. За останніми оцінками, нині менше ніж у 30-ти населених пунктах Житомирської і Рівненської областей середньорічна ефективна доза опромінення населення може перевищувати допустимий рівень в 1 мЗв [26]. Водночас, основною складовою сумарної середньої річної ефективної дози є внутрішня доза, зумовлена споживанням місцевих продуктів харчування (молоко великої рогатої худоби, дикорослі гриби та ягоди, м'ясо диких тварин, подекуди овочева продукція).

Дозове навантаження на населення території Українського Полісся визначається радіоекологічною ситуацією в окремих екосистемах, насамперед — природних кормових угіддях: сіножатях і пасовищах, а також лісових екосистемах [27, 28]. Оскільки

Структура дози внутрішнього опромінення ^{137}Cs мешканців населених пунктів Українського Полісся за сезонами, %

Сезон	Частка продукту харчування в раціоні, %												
	молоко	картопля	свинина	яловичина	курятина	кролі	гриби	лісові ягоди	дичина	сир	овочі кореневі	овочі листові	фрукти
Весна–літо	13,99	6,00	1,00	0,01	0,01	0,01	15,00	32,00	2,00	4,00	8,00	5,00	12,98
Осінь–зима	7,00	9,00	1,00	0	0,10	0,10	38,82	24,88	6,00	6,00	5,00	2,00	0,10

в сумарній дозі опромінення населення домінує частка внутрішнього опромінення, для аналізу потенційного ризику екосистем із погляду їх впливу на формування радіаційного навантаження на місцевих мешканців доцільно проаналізувати їх раціон харчування. Так, значним є споживання молока (в середньому 23% у сезоні весна–літо та 13% у сезоні осінь–зима). Водночас в осінньо-зимовий період зростає частка харчових продуктів лісового (дикорослого) походження (до 12%) [29]. Однак, незважаючи на порівняно невисоку частку харчових продуктів лісового походження у раціоні мешканців північної частини Українського Полісся, їх складова у дозі внутрішнього опромінення становить у середньому від 48% у сезоні весна–літо до 70% у сезоні осінь–зима (таблиця). Структура доз внутрішнього опромінення населення Західного Полісся характеризується відчутним переважанням молочної компоненти (до 80% структури дози внутрішнього опромінення місцевого населення) [27].

Аналіз розподілу дози внутрішнього опромінення мешканців Київського Полісся дав можливість виявити вагомі відмінності значення цього показника залежно від сезону року — значення дози зростали в сезоні осінь–зима порівняно із весняно-літнім періодом (рис. 2). Установлено пряму залежність дози внутрішнього опромінення сільських

мешканців від доступності лісових екосистем, які прилягають до населених пунктів [27, 29].

Доза внутрішнього опромінення є своєрідною інтегральною характеристикою радіаційної критичності ландшафтів, що прилягають до певного населеного пункту, а також опосередкованою характеристикою соціально-економічних умов відповідних територій. Дозовий чинник було запропоновано вважати основним для визначення радіоекологічної критичності території та можливості перегляду меж зон радіоекологічного забруднення на слуханнях у Комітеті Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування на тему: «35-ті роковини Чорнобильської катастрофи: проблеми та перспективи розвитку зони відчуження» 8 квітня 2021 р.

Дози, отримані особами, які регулярно, всупереч рекомендаціям, і в особливо значній кількості споживають харчові продукти лісового походження, перевищують середні показники по регіону та допустиме значення 1 мЗв/рік. Причому таке перевищення часто спостерігається у школярів [30].

Варто зазначити, що розподіл доз внутрішнього опромінення мешканців обстежених населених пунктів краще апроксимувався логарифмічно нормальним розподілом, аніж нормальним. Тобто значення дози внутрішнього опромінення населення є результатом мультиплікативної взаємодії певної

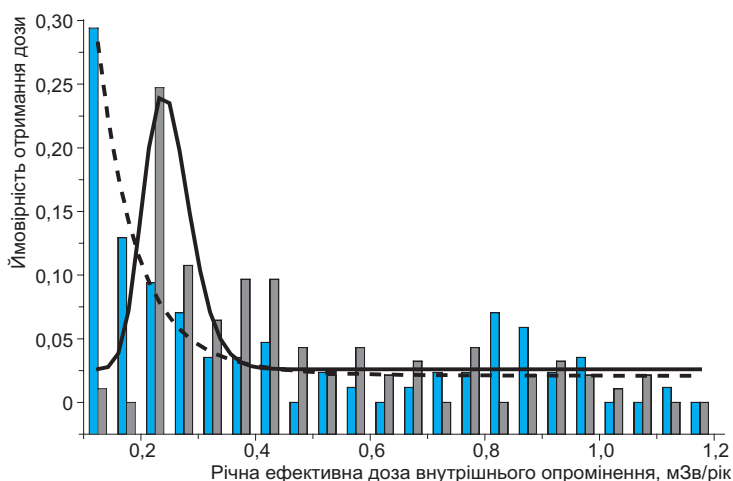


Рис. 2. Розподіл річних ефективних доз внутрішнього опромінення, отриманих населенням Українського Полісся у різні пори року (на прикладі с. Рагівка Київської обл.): ■ — весна; ■ — осінь; - - - експоненційний розподіл (весна); — логнормальний розподіл (осінь)

кількості незалежних факторів, серед яких є найвпливовіші (відстань населеного пункту від лісової екосистеми, пора року тощо). Є підстави очікувати, що експоненційний закон розподілу дози внутрішнього опромінення місцевого населення буде характерним для багатьох населених пунктів регіону, оскільки соціоекономічна і радіологічна ситуація останнього десятиліття майже не змінюються [27, 29].

Упродовж післяаварійного періоду простежувалося постійне зниження доз внутрішнього опромінення. Однак, рівні опромінення періодично можуть значно зростати (в 1,6–2,3 рази) [26].

Отже, вкрай необхідне проведення комплексного радіаційного моніторингу, який дасть змогу визначати основні радіаційно-гігієнічні чинники формування доз опромінення на поточному етапі ліквідації наслідків аварії, що, в свою чергу, є підґрунтям для забезпечення адекватних заходів мінімізації доз опромінення населення.

Оскільки нині майже 180 тис. га землі II зони потребують реабілітації та повернення

у господарське використання, постала необхідність удосконалення правових механізмів розвитку радіоактивно забруднених територій, у тому числі, — порядку та умов перегляду меж зон радіоактивного забруднення. Цьому процесу має передувати загальнодержавна дозиметрична паспортизація населених пунктів. Без проведення масштабного радіаційного моніторингу ефективність відповідних заходів залишатиметься незадовільною.

Співробітниками Інституту агроєкології і природокористування виконано низку науково-методичних розробок, присвячених проблематиці ведення сільськогосподарської та лісгосподарської діяльності на радіоактивно забруднених територіях і різним аспектам реабілітації радіоактивно забруднених земель. За результатами власних досліджень розроблено наукові основи реабілітації радіаційно забруднених агроландшафтів, які лягли в основу проєкту Концепції відродження агропромислового виробництва на реабілітованих радіоактивно забруднених землях.

Висновки

Нині залишається актуальним питання вдосконалення існуючих систем землеробства на територіях, що постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС, а також оновлення технологій вирощування сільськогосподарських культур, які б забезпечували не лише високоврожайну та якісну продукцію, а й одночасне збереження і підвищення родючості ґрунтів, екологічної рівноваги довкілля.

Реабілітація радіаційно забруднених агроландшафтів передбачає ефективне використання сільгоспугідь на основі поєднання природного й економічного потенціалу спрямованого на відтворення родючості ґрунтів. Ключовими питаннями є вдосконалення зональних принципів землекористування, підтримка та відновлення агроєкологічних функцій земель сільськогосподарського призначення як гарантії продовольчої безпеки і сталого соціально-економічного розвитку суспільства, а також запровадження інтегрального управління земельними, водними та

біологічними ресурсами з дотриманням принципів зеленої економіки.

Проблема радіоактивного забруднення має розглядатися передусім у контексті ведення дрібнотоварних фермерських і особистих підсобних господарств населення Українського Полісся, оскільки саме вони нині є основними виробниками окремих видів сільськогосподарської продукції, які належать до критичних, з погляду чинних гігієнічних нормативів.

Надзвичайно складним залишається питання комплексної реабілітації регіону згідно із загальносвітовими зеленими тенденціями з урахуванням не лише радіаційних, а й інших проблем екологічного спрямування, а також економічних, соціальних і медичних, тому реабілітація радіоактивно забруднених агроландшафтів передбачає перегляд меж зон радіоактивного забруднення, що, у свою чергу, потребує консолідації влади, науки, бізнесу і суспільства.

Поміж тим, за умови проведення науково обґрунтованих системних агрозаходів, відновлення ефективного аграрного

виробництва можливе майже на всій території регіону Українського Полісся, що зазнала радіаційного забруднення.

Drebot O.¹, Demyanyuk O.², Raichuk L.³

Institute of Agroecology and Nature Management of NAAS, 12 Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine
e-mail: 1drebot_oksana@ukr.net, 2demolena@ukr.net, 3zedelvice@ukr.net ORCID: ¹0000-0003-2681-1074, ²0000-0002-4134-9853, ³0000-0002-2552-4578

Scientific and methodological principles of rehabilitation of radioactively contaminated agricultural landscapes in the context of the green economy

Goal. To outline the scientific and methodological principles of rehabilitation of radioactively contaminated agricultural landscapes of Ukrainian Polissia in the context of the European Green Course, taking into account modern environmental and socio-economic characteristics of the region to ensure full integration of the state into the European space. **Methods.** System analysis and synthesis; generally accepted methods of descriptive and variational statistics, as well as identification of the function of dose distribution of irradiation of the population was used for data processing and analysis. Statistical processing of dosimetry results and analysis of experimental data was performed using OriginPro 9 and Microsoft Excel 2016. **Results.** During the 35 years after the Chernobyl accident, the area, which was contaminated with radionuclides and the levels of radiation, especially with ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr,

has decreased significantly - almost halved - as evidenced by radiological research data from research institutions. The results of a fragmentary radiological survey of agricultural and forest lands, as well as dosimetric control of the population indicate the need for large-scale radioecological monitoring. **Conclusions.** Radioactive contamination of the agricultural landscapes of Ukrainian Polissia against the background of the need for comprehensive rehabilitation of the region is one of the serious problems of Ukraine in implementing the points of the strategy "From farm to fork" in the European Green Course. The situation in radioactively contaminated agricultural landscapes, in particular the level of radiation contamination of agricultural products, is complex and complicated not only by purely radioecological, but also by other factors, including peculiarities of natural and climatic conditions, soil cover, material and technical characteristics of farms, and as the result, economic development of the region, as well as many social components, etc. The development of agricultural production in these areas should be based on a scientifically sound strategy and recommendations aimed at minimizing radiation doses to the population of Ukraine and focusing on biologically and environmentally friendly measures.

Key words: European Green Course, Ukrainian Polissia, rehabilitation, agro-landscape, radiation pollution.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-10>

Бібліографія

1. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal. COM (2019) 640 final. URL: ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf
2. Communication. Sustainable food — 'farm to fork' strategy. URL: ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12183-Farm-to-Fork-Strategy
3. Samet J.M., González A.B., Dauer L.T. et al. Beebe Symposium on 30 Years after the Chernobyl Accident: Current and Future Studies on Radiation Health Effects. doi: 10.1667/rr14791.1
4. Prister B. Behavior of the Chernobyl-Derived Radionuclides in Agricultural Ecosystems. *Behavior of Radionuclides in the Environment II*. 2020. P. 229–282. doi: 10.1007/978-981-15-3568-0_5
5. Kováč M., Moshynskiy V., Gerasimov I. et al. Estimation Of Ukraine'S Land Resource By The Erosion Processes Dynamics. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 2020. № 41(4). P. 60–79. doi: 10.15544/mts.2020.07
6. Perovich L., Hulko O. Monitoring the actual ecological and economic situation of agricultural land use in Ukraine. *Geodesy and Cartography*. 2019. № 68(2). P. 349–359. doi: 10.24425/gac.2019.128464
7. Golosov V., Ivanov M. Quantitative Assessment of Lateral Migration of the Chernobyl-Derived ¹³⁷Cs in Contaminated Territories of the East European Plain. *Behavior of Radionuclides in the Environment II*. 2020. P. 195–226. doi: 10.1007/978-981-15-3568-0_4
8. Prister B., Vinogradskaya V., Lev T. et al. Preventive radioecological assessment of territory for optimization of monitoring and countermeasures after radiation accidents. *J. of Environmental Radioactivity*. 2018. № 184–185. P. 140–151. doi: 10.1016/j.jenvrad.2018.01.021
9. Ільїн Л., Громик О., Ільїна О., Зінчук М. Радіо-екологічний аналіз зони забруднення Волинської

області України. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2020. № 1(85), С. 73–78. doi: 10.32918/nrs.2020.1(85).08

10. Hromyk O., Ilyin L., Grygu I. et al. Radiation monitoring of agricultural soils of the Volyn region in Ukraine. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 71(4). 2020. P. 377–382. doi: 10.32394/rpzh.2020.0139

11. Романчук Л.Д. Особливості накопичення ^{90}Sr у ґрунтах Українського Полісся у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС. *Вісник Полтавської державної академії*. (2012). № 3. С. 72–74.

12. Bulko N., Shabaleva M., Kozlov A. et al. The ^{137}Cs accumulation by forest-derived products in the Gomel region. *J. of Environmental Radioactivity*. 2014. № 127. P. 150–154. doi: 10.1016/j.jenvrad.2013.02.003

13. Labunska I., Levchuk S., Kashparov V. et al. Current radiological situation in areas of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident: Part 2. Strontium-90 transfer to culinary grains and forest woods from soils of Ivankiv district. *Environment International*. 2021. № 146, 106282. doi: 10.1016/j.envint.2020.106282

14. Fesenko S., Jacob P., Ulanovsky A. et al. Justification of remediation strategies in the long term after the Chernobyl accident. *J. of Environmental Radioactivity*. 2013. № 119. P. 39–47. doi: 10.1016/j.jenvrad.2010.08.012

15. Кашпаров В.А., Левчук С.Е., Отрешко Л.Н., Малоштан И.М. Загрязнение сельскохозяйственной продукции ^{90}Sr в Украине в отдаленный период после Чернобыльской аварии. *Радиационная биология. Радиэкология*. 2013. № 53(6). С. 639–650. <https://doi.org/10.7868/s0869803113060052>

16. Kashparov V., Levchuk S., Zhurba M. et al. Spatial datasets of radionuclide contamination in the Ukrainian Chernobyl Exclusion Zone. *Earth System Science Data*. 2018. № 10(1). P. 339–353. doi: 10.5194/essd-10-339-2018

17. Kashparov V., Salbu B., Levchuk S. et al. Environmental behaviour of radioactive particles from chernobyl. *J. of Environmental Radioactivity*. 2019. № 208–209. 106025. doi: 10.1016/j.jenvrad.2019.106025

18. Labunska I., Kashparov V., Levchuk S. 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. № 117. P. 250–259. doi: 10.1016/j.envint.2018.04.053

19. Ландін В.П., Райчук Л., Швиденко І. та ін. Особливості вивозу ^{137}Cs зерновими та зернобобовими культурами в умовах Житомирського Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2017. №. 95 (12). С. 58–62. doi: 10.31073/agrovisnyk201712

20. Prokopenko T.O., Malimon Z.V., Gusak L.M., Molodik A.G. Evaluation of the results of the radiation pollution of food and feed in 2013–2017. *Bulletin*

«*Veterinary Biotechnology*». 2019. № 34. P. 124–135. doi: 10.31073/vet_biotech34-15

21. Орешко Л.М., Йоценко Л.В., Поліщук С.В., Косарчук О.В. Проблеми відповідності гігієнічним нормативам умісту радіонуклідів паливної деревини у північних районах Київської та Житомирської областей. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. №. 1(71). doi: 10.31548/dopovid2018.01.003

22. Лазарев, М.М., Косарчук О.В., Поліщук С.В. та ін. Забруднення ^{137}Cs деревної золи у північних районах Житомирської області. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. (1(71)). doi: 10.31548/dopovid2018.01.002

23. Тетерук О.О., Фещенко В.П., Ландін В.П., Швиденко І.К. Перспективи використання олійних культур, вирощених на радіоактивно забруднених територіях. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 3. С. 59–65. URL: /lnbu.gov.ua/UJRN/agrog_2018_3_12

24. Швиденко І.К., Паньковська Г.П., Якименко Г.М., Райчук Л.А. Деякі аспекти накопичення ^{137}Cs овочевими культурами в умовах Українського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 59–66. doi: 10.33730/2077-4893.4.2020.219446

25. Ліхтарьов І.А., Ковган Л.М., Василенко В.В. та ін. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ-моніторингу в населених пунктах України, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської катастрофи. Дані за 2011 р. 36. 14. Київ: (б. в.). 2012. 33 с.

26. Vasylenko V.V., Nechaev S.Y., Tsigankov M.Y. et al. Results of Comprehensive Radiological & Hygienic Monitoring In Some Settlements of Radioactively Contaminated Areas In Rivne Region In 2017. *Problems of Radiation Medicine and Radiobiology*. 2018. № 23. P. 139–152. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-139-152

27. Chobotko H., Raichuk L., Cherniavskiy A. et al. Complex analysis and mathematical modeling of the internal exposure dose of the Ukrainian Polissya rural population. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. 2019. № 20(4). P. 397–404. doi: 10.15407/jnpae2019.04.397

28. Yoschenko V., Kashparov V., Ohkubo T. Behavior of the Chernobyl-Derived Radionuclides in Forest Ecosystems and Effects of Radiation. *Behavior of Radionuclides in the Environment II*. 2020. P. 283–320. doi: 10.1007/978-981-15-3568-0_6

29. Landin V., Chobotko H., Raichuk L. The formation of current internal exposure doses of the Ukrainian Polissya rural population. *Ukrainian J. of Ecology*. 2020. № 10(6). P. 249–254. doi: 10.15421/2020_290

30. Labunska I., Kashparov V., Levchuk S. 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. № 117. P. 250–259. doi: 10.1016/j.envint.2018.04.053