



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 614.876:631.6(477.41/
42+477.51/.52+477.82/.84)

© 2026

НАУКОВІ ЗАСАДИ ВІДНОВЛЕННЯ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ

О.І. Дребот¹, Л.А. Райчук², І.К. Швиденко³, О.С. Дем'янюк⁴

¹доктор економічних наук, професор, академік НААН

^{2,3}кандидати сільськогосподарських наук

⁴доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН

^{1,4}Національна академія аграрних наук України

вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, 01010, Україна

¹⁻⁴Інститут агроекології і природокористування

Національної академії аграрних наук України

вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна

e-mail: ¹drebot_oksana@ukr.net, ²edelveice@ukr.net,

³favor09@ukr.net, ⁴demolena@ukr.net

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

³0000-0002-6135-8968, ⁴0000-0002-4134-9853

Надійшла 23.03.2026. Рецензована 30.03.2026. Прийнята до друку 13.07.2026

Мета. Узагальнити наукові засади відновлення радіоактивно забруднених агроландшафтів Українського Полісся та управління ними з урахуванням радіаційної спадщини Чорнобильської аварії, кліматичних змін, наслідків російської воєнної агресії та євроінтеграційних вимог як базис для формування єдиної національної стратегії реабілітації регіону в контексті національної безпеки. **Методи.** Аналіз багаторічних даних радіоекологічного моніторингу (1992–2025 рр.), ГІС- картування забруднених радіонуклідами територій, кластерний аналіз та моделювання доз внутрішнього опромінення за допомогою штучної нейронної мережі, оптимізація структури землекористування через інтеграцію агроекологічного групування угідь, рівнів забруднення радіонуклідами, варіантів використання та сценаріїв агровиробництва; порівняльний аналіз міжнародного досвіду на основі доступних публікацій, звітів і регуляторних документів. **Результати.** Дослідження, які проводилися в Українському Поліссі протягом 40 років після аварії на ЧАЕС, показали, що рівень забруднення ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr знизився більш як на 50%; площа безпечних угідь досягла 90% території. Через залежність населення від місцевих екосистем, передусім лісових, ризик радіаційного впливу залишається навіть

за зниження формальних рівнів забруднення. Розроблені класифікація екосистем за радіоекологічною критичністю, метод ландшафтного картування та оптимізована структура землекористування забезпечують перехід від загальних заборон до адресного управління ризиками. Кліматичні зміни трансформують аграрну спеціалізацію регіону, а війна спричинила появу нових радіаційних та безпекових загроз. Екосистемні послуги деградують, тоді як попит на них зростає. Порівняльний аналіз засвідчив низьку ефективність вітчизняної моделі реабілітації через фрагментарність стратегії, недофінансування й застарілу нормативно-правову базу. Висновки. Реабілітація земель Полісся є стратегічним завданням національної безпеки, що потребує переходу від консерваційної парадигми до комплексного відновлення, інтегрованого крізь призму кризового екологічного менеджменту із застосуванням оцінювання екосистемних послуг як інструменту стратегічного планування та виконання євроінтеграційних зобов'язань.

Ключові слова: доза внутрішнього опромінення, екосистемні послуги, забруднені радіонуклідами агроландшафти, кризове управління, Полісся, реабілітація земель, оптимізація землекористування.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202607-06>

Через 4 десятиліття після аварії на Чорнобильській АЕС її радіаційна спадщина залишається одним із ключових чинників стримування розвитку Українського Полісся — регіону з найвищим рівнем радіоекологічної критичності агроландшафтів [1, 2]. Попри значне зниження рівнів забруднення внаслідок фізичного розпаду радіонуклідів (більш ніж на 50% для ^{137}Cs і ^{90}Sr), проблема комплексного відновлення агроландшафтів не втратила актуальності [3]. Сучасні дослідження підтверджують, що значні площі можуть бути повернуті в господарський обіг за умови їх науково обґрунтованої реабілітації [4].

В останніх публікаціях увага акцентується на мультифакторному синергетичному характері викликів, таких як радіаційне забруднення, кліматичні зміни [5], соціально-економічна депресія (підвищений ризик бідності [2]) та наслідки бойових дій (втрата ~25% родючих земель Півдня та Сходу України [6, 7], пожежі в Зоні відчуження [8], пошкодження системи радіаційного моніторингу [9], мілітаризація

ландшафтів). Дослідники наголошують на необхідності переходу від політики консервації до керованого управління ризиками з інтеграцією принципів EU Green Deal [4, 10]. Усі ці виклики нерозривно пов'язані між собою: деградація екосистемних послуг унаслідок радіоактивного забруднення, кліматичних змін і руйнувань через бойові дії супроводжується тривалим соціально-економічним занепадом, а дедалі більший дефіцит продовольчих земель по всій країні ставить регіон в епіцентр стратегічних рішень щодо продовольчої та екологічної безпеки держави. Саме тому системна наукова відповідь на цей комплекс викликів є не лише академічним, а й загальним практичним завданням.

Мета досліджень — узагальнити наукові засади відновлення радіоактивно забруднених агроландшафтів Українського Полісся та управління ними з урахуванням радіаційної спадщини Чорнобильської аварії, кліматичних змін, наслідків російської воєнної агресії та євроінтеграційних вимог як базис для формування єдиної

національної стратегії реабілітації регіону в контексті національної безпеки.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження базується на результатах багаторічних спостережень Інституту агроєкології і природокористування НААН (2005–2025 рр.) та інших установ на території Київської, Житомирської, Чернігівської, Рівненської й Волинської обл.: дозах внутрішнього опромінення (ДВО) [11], даних радіоекологічних обстежень [12] і картування [13].

Для ретроспективного радіоекологічного аналізу використано масиви даних моніторингу, починаючи з 1992 р., матеріали лісгоспів, Державної агенції лісових ресурсів України та місцевих державних адміністрацій. Рівні забруднення території ^{137}Cs і ^{90}Sr аналізували в динаміці з урахуванням їх фізичного розпаду. Вихідними даними для оцінювання ДВО слугували вимірювання за допомогою лічильника випромінювання людини (ЛВЛ) протягом 2005–2014 рр. (~15,8 тис. вимірювань). Статистичну обробку виконували з використанням програм OriginPro 16 і Microsoft Excel 2016. Факторний та кластерний аналіз дозоформуючих чинників здійснювали методом головних компонент; населені пункти об'єднано в 5 кластерів за методом середнього зв'язку. ДВО моделювали за допомогою штучної нейронної мережі (ШНМ) на базі Python [14], яка передбачає: 2 прихованих шари (12 нейронів і коефіцієнт відсіву 0,5), 1 вихідний нейрон, точність — 89%.

Структуру землекористування оптимізовано на основі агроєкологічного групування угідь, їх використання, урахування рівнів забруднення радіонуклідами та сценаріїв агровиробництва. Метод радіоекологічно-ландшафтного картування реалізовано в QGIS із застосуванням відкритих баз даних: OpenStreetMap [15], Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [16], публічної кадастрової карти України [17], Національного атласу України [18], порталу Copernicus

Global Land Service (GLS) [19]. База даних для соціально-економічного аналізу охоплює офіційну статистику регіонів Полісся за 2010–2021 рр. [21–25] та матеріали Global Forest Watch [26].

Результати досліджень. Вихідною точкою будь-якої реабілітаційної стратегії є розуміння реального стану забруднення території. За 40 років, що минули після аварії, радіоекологічна ситуація в регіоні істотно поліпшилася, про що свідчить динаміка забруднення (рис. 1). Основними дозоформуючими радіонуклідами в агросфері є ^{137}Cs і ^{90}Sr (їх співвідношення в ґрунтах ~10 : 1). З 1992 р. площа сільгоспугідь із рівнями забруднення нижче від нормативів зросла на 3,2 тис. га за ^{137}Cs та 31 тис. га за ^{90}Sr , площа незабруднених лісів (< 37 кБк/м² ^{137}Cs) — на 65%; землі із забороною господарювання (> 555 кБк/м²) майже повністю перейшли до менш забруднених категорій.

Водночас з огляду на специфіку ґрунтового покриву Полісся, яка полягає в переважанні торфово-болотних, дерново-підзолистих та інших кислих мінеральних ґрунтів, зберігається підвищена рухливість радіонуклідів: коефіцієнти переходу ^{90}Sr на дерново-підзолистих ґрунтах у 5–10 разів вищі, ніж на чорноземах, а на торфово-болотних для ^{137}Cs — у 7–30 разів [3, 12]. Це означає, що зниження рівня забруднення ґрунту не тотожне зниженню агропродовольчого ризику: реальна безпечність продукції визначається не меншою мірою типом екосистеми, агротехнічними практиками та поведінкою населення, ніж рівнем забруднення ґрунту. Найкритичнішими екосистемами з погляду їх радіоекологічного стану є перезволожені луки на органогенних ґрунтах, лісові еко- та агроєкосистеми на кислих мінеральних ґрунтах (рис. 2). Саме їм, зважаючи на особливості господарювання в регіоні, належить найбільший внесок у дозу внутрішнього опромінення населення, і це потребує особливої уваги. Звідси й походять найбільш уразливі

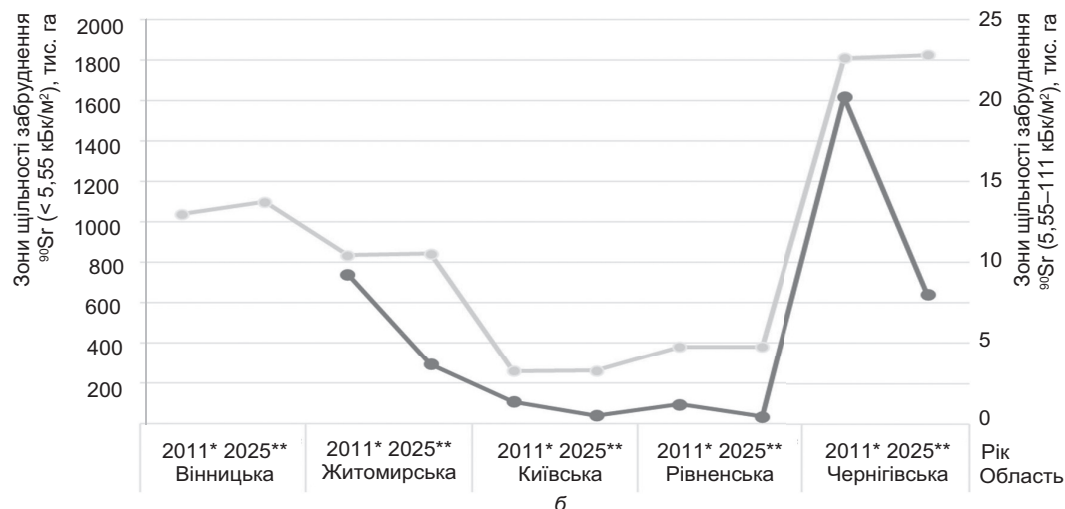
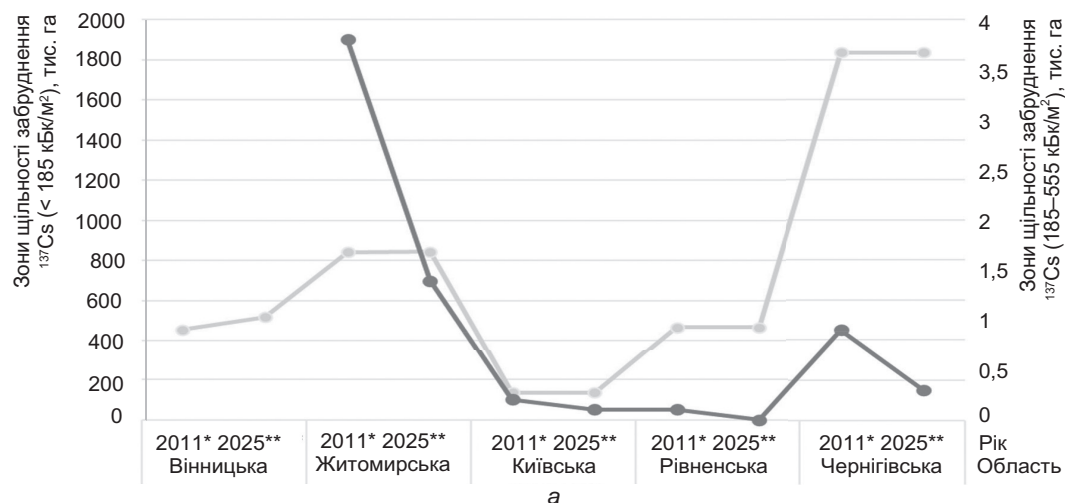


Рис. 1. Динаміка площ сільськогосподарських угідь, забруднених ^{137}Cs (а) та ^{90}Sr (б), тис. га: —■— зони щільності забруднення $< 185 \text{ кБк/м}^2$ (^{137}Cs) і $< 5,55 \text{ кБк/м}^2$ (^{90}Sr), —●— зони щільності забруднення $185-555 \text{ кБк/м}^2$ (^{137}Cs) і $5,55-111 \text{ кБк/м}^2$ (^{90}Sr)

Примітка. *За даними ДУ «Держґрунтохорона», **за розрахунковими даними.

харчові ланцюги: лісова продукція (гриби, ягоди, дичина) формує 48–70% ДВО мешканців Центрального Полісся, тоді як у Західному Поліссі домінує молочна складова — до 80% структури дози [11].

Аналіз формування ДВО дав змогу встановити нову тенденцію експоненційного розподілу цієї величини, яка свідчить про появу постійно діючого незалежного чинника. У процесі кластерного

аналізу населених пунктів Українського Полісся виявлено 5 кластерів поселень. Установлено основні домінуючі чинники: питома площа лісу на людину ($r = 0,60$), рівень забруднення радіонуклідами території ($r = 0,51$), рік вимірювання ($r = 0,49$), вік обстежених ($r = -0,32$). Водночас для різних кластерів населених пунктів домінуючі предиктори відрізняються (рівень освіти населення, відстань



Рис. 2. Класифікація екосистем Українського Полісся за радіоекологічною критичністю

до адміністративного центру, тип ґрунту), що свідчить про неоднорідність регіону і необхідність прийняття диференційованих управлінських рішень.

Інтеграція всіх природно-екологічних параметрів: рівнів забруднення, ландшафтних характеристик, ґрунтового покриття та дозового навантаження реалізована в методі радіоекологічно-ландшафтного картування (рис. 3). Цей метод, побудований на основі комплексного показника радіоекологічної критичності з використанням лише або винятково відкритих даних [27], перетворює різномірну наукову інформацію на практичний управлінський інструмент, доступний навіть для непрофесійних користувачів. Таким чином, картування стає своєрідною точкою перетину радіоекологічного, соціального й господарського вимірів проблеми, яка об'єднує науку та прийняття рішень.

Радіоекологічна ситуація розвивається на тлі кліматичних змін, що кардинально змінюють умови господарювання в регіоні. За гідротермічним коефіцієнтом більша частина Полісся перейшла із зони надмірного до зони достатнього зволоження: температура опадів зменшилася [5]. Унаслідок цього змінюється структура посівних площ, яка впродовж 2010–2020 рр. під кукурудзою

зросла вдвічі, під соняшником — більше ніж утричі; урожайність відповідно, становить 8–10 і 2,5–3,0 т/га [28]. Регіон стрімко перетворюється на зерноолійний пояс, що, безумовно, підвищує його продовольчий потенціал.

Проте ця позитивна тенденція до збільшення посівних площ під згаданими вище культурами має зворотний бік. Починаючи з 2011–2012 рр. розширення площ ґрунтовиснажуючих культур відбувається на тлі скорочення площ під багаторічними травами та зниження витрат на реабілітацію ґрунтів, що в поєднанні з кліматичним стресом підвищує ризики деградації. В лісовому секторі, традиційно провідному в економіці регіону, також існують проблеми, що потребують нагального розв'язання: рівень лісистості (27%) залишається нижчим від оптимуму (32%), а обсяги лісозаготівлі стабільно перевищують темпи лісовідновлення. Втрати лісовкритих площ у Поліссі у 2001–2021 рр. становили 52% національних [26].

Простежується стійка тенденція до скорочення поголів'я великої рогатої худоби (на 85–100%) і свиней (на 53%). Лише галузь птахівництва продемонструвала зростання, однак із 2022 р. й на неї негативно вплинули наслідки російської воєнної агресії [21–25].

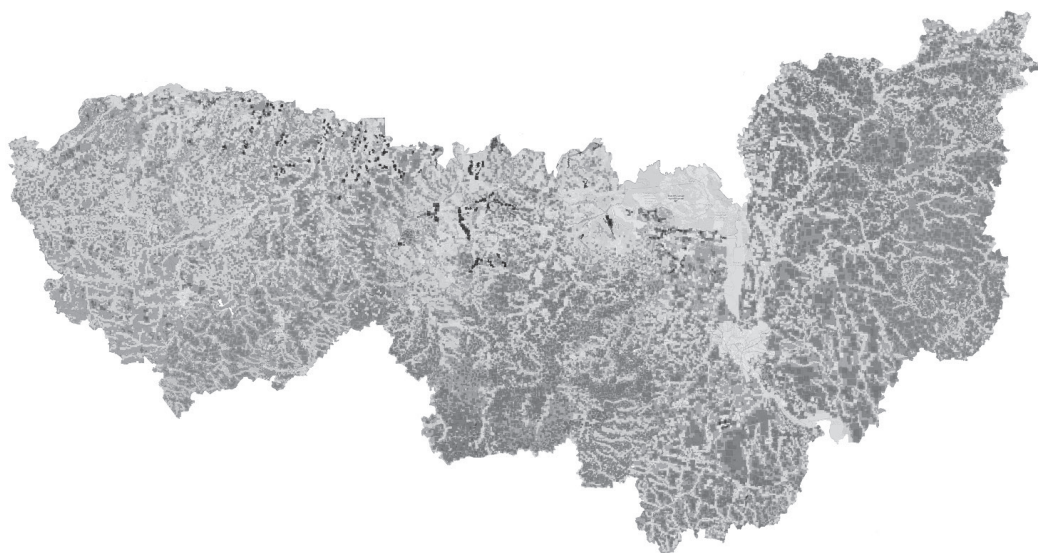


Рис. 3. Карта рівнів радіоекологічної критичності Рівненської, Волинської, Житомирської, Київської та Чернігівської обл.: ■ — надзвичайно критичний (> 185,0); ■ — дуже критичний (148,1 – 185,0); ■ — критичний (111,1 – 148,0); ■ — помірно критичний (74,1 – 111,0); ■ — слабокритичний (37,1 – 74,0); ■ — некритичний (< 37,0)

Будь-яка реабілітаційна стратегія, в якій ігнорується соціально-економічний вимір, може бути реалізована лише на папері. Саме тому варто врахувати довготривалі соціально-економічні наслідки Чорнобильської катастрофи для регіону, які до цього часу не ліквідовано. Безробіття тут досі високе, ризик бідності в Рівненській, Житомирській, Волинській обл. становить 70%, у регіоні він в 1,7 раза вищий від середнього по країні [2]. Це означає, що мешканці Полісся об'єктивно не можуть відмовитися від лісових продуктів, молока й городини із власних підсобних господарств незалежно від рівня їх забруднення. Реальна небезпека радіоактивного забруднення для населення визначається не лише рівнем вмісту радіонуклідів у ґрунті, а й тим, наскільки люди залежать від місцевих екосистем як джерела їжі та засобів до існування. Радіоекологічне забруднення, кліматичні зміни та наслідки бойових дій утруднюють надання регіональними екосистемами постачальних, регуляторних та культурних

послуг, тоді як попит на них лише зростає через продовольчу кризу і втрату угідь на Півдні та Сході країни. За цих умов оцінювання екосистемних послуг є природним інструментом загальнонаціонального моніторингу стану агроландшафтів і водночас прямим євроінтеграційним екологічним зобов'язанням України.

Наукове розуміння ситуації має знайти відображення у практичних рішеннях на рівні конкретної ділянки. Оптимізована структура землекористування охоплює: 6 агроекологічних груп угідь (I–VI): від земель, придатних під усі районовані культури (група I), до земель лісгосподарського призначення (група VI), а також 4 рівні радіонуклідного забруднення за щільністю забруднення ^{137}Cs : < 185, 185–370, 370–555 і > 555 кБк/м², 10 варіантів господарського використання угідь, що відображають спектр агровиробничих рішень — від повноцінного рільництва до виведення земель з обробітку з наступним їх залуженням; 5 сценаріїв агровиробництва,

що диференціюють умови застосування окремих культур і технологій залежно від поєднання групи угідь та рівня забруднення (наприклад, вирощування бобових тільки як сидератів, пасовищне використання лише після корінного поліпшення травостою, виробництво молока за умови коригування раціону годівлі тварин тощо). Така матрична структура забезпечує диференційований перехід від загальних заборон до адресного управління ризиками з урахуванням конкретних агроекологічних умов.

Порівняно з міжнародним досвідом Україна демонструє найменш ефективну реабілітаційну модель серед країн, що постраждали унаслідок аварій на ЧАЕС та АЕС «Фукусіма-1». Попри те, що діючі стратегії позначають методологічний зсув від ізоляції до реабілітації та регіонального розвитку, чинна нормативно-правова база орієнтована на консервацію наявного стану, а не на комплексне відновлення: дозиметрична паспортизація не була проведена у встановлені законом терміни, значні території де-юре вважаються забрудненими й вилучені з господарського обігу, хоча де-факто є безпечними за сучасними науковими

даними. Хронічне недофінансування, обмеженість міждисциплінарного підходу та слабка міжвідомча координація блокують системне розв'язання цієї проблеми. Повномасштабна збройна агресія росії додала до цього переліку нові радіаційні ризики внаслідок бойових дій і критичну потребу компенсувати втрачені сільськогосподарські угіддя Півдня та Сходу країни — і цим самим остаточно перевела реабілітацію Полісся з екологічної проблеми до категорії стратегічних завдань національної безпеки.

Відповідь на цей комплекс викликів лежить у площині не окремих технічних заходів, а зміни самої парадигми управління: від консервації наявного стану до стратегії комплексного відновлення, що інтегрує радіоекологічну, кліматичну, соціально-економічну та безпекову складові крізь призму кризового екологічного менеджменту. Інструментом такої інтеграції є оцінювання екосистемних послуг, яке дає змогу узгоджувати екологічні обмеження з економічними пріоритетами й потребами громад, а науковим підґрунтям — міждисциплінарна координація, оновлена нормативна база та реальне фінансування.

Висновки

Радіоекологічна ситуація в Українському Поліссі за 4 десятиліття після аварії на ЧАЕС істотно поліпшилася, однак зниження рівнів радіаційного забруднення не означає остаточного розв'язання проблеми: специфіка регіону, залежність населення від місцевих екосистем і деградація екосистемних послуг криють у собі реальний ризик радіаційного впливу навіть там, де формальні нормативи вже не порушуються. Радіоекологічний чинник діє в синергії з кліматичними трансформаціями, соціально-економічною депресією і безпековими наслідками збройної агресії, утворюючи багатошаровий комплекс викликів, що взаємно посилюються.

Саме така комплексність визначає характер необхідної відповіді на них. Наявний науковий інструментарій формує достатню основу для переходу від загальних заборон до адресного управління ризиками, однак між наукою та практикою зберігається системний розрив — нормативний, фінансовий і координаційний. Усунення цього розриву передбачає зміну самої парадигми управління: від консервації наявного стану до комплексного відновлення, що інтегрує радіоекологічну, кліматичну, соціально-економічну та безпекову складові крізь призму кризового екологічного менеджменту, де оцінювання екосистемних послуг є інструментом

стратегічного планування і водно-час євроінтеграційним зобов'язанням України. Моделлю такого управління

для широкого кола постконфліктних і поставарійних територій у світі може стати Українське Полісся.

Drebot O.¹, Raichuk L.², Shvydenko I.³, Demianiuk O.⁴

^{1, 4} National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 9 Mykhailo Omelianovych-Pavlenko Str., Kyiv, 01010, Ukraine; Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, 12 Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine; e-mail: ¹drebot_oksana@ukr.net, ²edelvece@ukr.net; ³favor09@ukr.net, ⁴demolena@ukr.net; ORCID: ¹0000-0003-2681-1074, ²0000-0002-2552-4578, ³0000-0002-6135-8968, ⁴0000-0002-4134-9853

Scientific principles of restoration and management of radioactively contaminated agricultural landscapes of Ukrainian Polissia and their management

Goal. To summarize the scientific basis and management of the restoration of the radioactively contaminated agricultural landscapes of the Ukrainian Polissia, taking into account the radiation heritage of the Chernobyl accident, climatic changes, the consequences of Russian military aggression, and European integration requirements as the basis for the formation of a unified national strategy for the rehabilitation of the region in the context of national security. **Methods.** Analysis of long-term data of radioecological monitoring (1992–2025), GIS-mapping of territories contaminated with radionuclides, cluster analysis and modeling of internal exposure doses using an artificial neural network, optimization of land use structure through the integration of agroecological grouping of lands, levels of contamination with radionuclides, use cases and agricultural production scenarios; a comparative analysis of international experience based on available publications,

reports and regulatory documents. **Results.** Studies conducted in the Ukrainian Polissia for 40 years after the Chernobyl accident showed that the level of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr pollution decreased by more than 50%; the area of safe land reached 90% of the territory. Due to the dependence of the population on local ecosystems, especially forest ones, the risk of radiation exposure remains even after reducing the formal levels of pollution. The developed classification of ecosystems by radioecological criticality, the method of landscape mapping, and the optimized structure of land use provide a transition from general prohibitions to targeted risk management. Climate change is transforming the agrarian specialization of the region, and the war has led to the emergence of new radiation and security threats. Ecosystem services are degraded, while demand for them is growing. The comparative analysis showed the low efficiency of the national rehabilitation model due to the fragmentation of the strategy, underfunding, and outdated regulatory framework. **Conclusions.** Rehabilitation of Polissia lands is a strategic task of national security, which requires a transition from a conservation paradigm to comprehensive restoration, integrated through the prism of crisis environmental management with the use of assessment of ecosystem services as a tool for strategic planning and fulfillment of European integration obligations.

Key words: agrolandscape contaminated with radionuclides, crisis management, ecosystem services, internal radiation dose, land rehabilitation, land use optimization, Polissia.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202607-06>

Бібліографія

1. Барановський М.О. Українське Полісся в пострадянську добу: проблеми розвитку, економічні трансформації, особливості сьогодення. *Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (1–2 берез. 2021, м. Ніжин). Ніжин: НДУ ім. Миколи Гоголя, 2021. С. 86–89.
2. Raichuk L. Crisis management of radioactively contaminated territories: socio-economic barriers to recovery in Ukraine's Polissia region. *Збалансоване природокористування*.

2025. № 4. С. 68–78. doi: 10.33730/2310-4678.4.2025.346190

3. Prister B. Behavior of the Chernobyl-Derived Radionuclides in Agricultural Ecosystems. *Behavior of Radionuclides in the Environment II*: monogr. Singapore: Springer, 2020. P. 229–282. doi: 10.1007/978-981-15-3568-0_5

4. Smith J.T., Levchuk S.E., Bugai D.A. et al. A protocol for the radiological assessment for agricultural use of land in Ukraine abandoned after the Chernobyl accident. *Journal of*

Environmental Radioactivity. 2025. 286:107698. doi: 10.1016/j.jenvrad.2025.107698

5. Tarariko O.H., Cruse R.M., Ilienکو T.V. et al. Impact of climate changes on agrosources of Ukrainian Polissia based on geospatial data. *Agricultural Science and Practice*. 2024. 11(2). P. 3–29. doi: 10.15407/agrisp11.02.003

6. Appiah-Otoo I., Chen X. Russian-Ukrainian war degrades the total environment. *Letters in Spatial and Resource Sciences*. 2023. 16(1):32. doi: 10.1007/s12076-023-00354-8

7. FAO. Ukraine: Impact of the war on agricultural enterprises — Findings of a nationwide survey, October–November 2024. Rome. 2025. doi: 10.4060/cd6216en

8. Evangeliou N., Eckhardt S. Uncovering transport, deposition and impact of radionuclides released after the early spring 2020 wildfires in the Chernobyl Exclusion Zone. *Scientific Reports*. 2020. 10:10655. doi: 10.1038/s41598-020-67620-3

9. Balashevskа Y., Chala M., Ivanov Z. et al. Preliminary assessment of the radiological consequences of the hostile military occupation of the Chornobyl Exclusion Zone. *Journal of Radiological Protection*. 2023. 43(3). doi: 10.1088/1361-6498/acf8d0

10. Drebot O., Shvydenko I., Raichuk L. et al. Rehabilitation of forest ecosystems taking into account modern international ecological trends in the context of the European Green Deal. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022. 12(2). P. 575–584. doi: 10.31407/ijees12.231

11. Райчук Л.А., Швиденко І. К., Чоботько Г.М. Оцінка впливу екологічних і соціально-економічних чинників на формування дози внутрішнього опромінення населення Українського Полісся у віддалений період після аварії на ЧАЕС. *Scientific aspects of conserving and restoring natural resources under the modern development of society: monogr.* Riga: Baltija Publishing, 2024. P. 190–210. 600 p. doi: 10.30525/978-9934-26-511-2-9

12. Чоботько Г.М., Кучма М.Д., Райчук Л.А. та ін. База модельних даних з винесення радіонуклідів з агроландшафтів Полісся. Київ: Zenodo, 2019. 28 с. doi: 10.5281/zenodo.14366825

13. Raichuk L., Kuchma T., Shvydenko I. et al. GIS modeling of radioecological criticality in Ukrainian Polissia: a foundation for sustainable regional planning. *EQA — International Journal*

of Environmental Quality. 2025. 70. P. 76–86. doi: 10.6092/issn.2281-4485/21903

14. Чернявський А., Любашенко Н., Райчук Л. та ін. Модель формування дози внутрішнього опромінення населення українського Полісся у віддалений період після аварії на ЧАЕС. Київ: Zenodo, 2023. 10 с. doi: 10.5281/zenodo.14367310

15. OpenStreetMap. 2023. <https://www.openstreetmap.org/>

16. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). 2023. <https://eosps.nasa.gov/mis-sions/shuttle-radar-topography-mission>

17. Публічна кадастрова карта України: Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. 2022. <https://map.land.gov.ua/>

18. Atlas. Ukraine. Radioactive contamination. <https://radatlas.isgeo.com.ua/>

19. VITO. The Copernicus Global Land Service — CGLS. 2015. <https://land.copernicus.eu/en/products/global-dynamic-land-cover>

20. Офіційний вебсайт Державної служби статистики України. <http://www.ukrstat.gov.ua>

21. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Волинській області. <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua>

22. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Житомирській області. <http://www.zt.ukrstat.gov.ua>

23. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Київській області. <http://kyivobl.ukrstat.gov.ua>

24. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Рівненській області. <http://www.gusrv.gov.ua>

25. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Чернігівській області. <https://www.chernigivstat.gov.ua>

26. Forest Monitoring Designed for Action. Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org/>

27. Швиденко І.К., Кучма Т.Л., Райчук Л.А., Чоботько Г.М. Радіоекологічно-ландшафтне комплексне районування Українського Полісся як основа повоєнного відродження регіону. *Вісник аграрної науки*. 2025. Т. 103. № 11. С. 71–80. doi: 10.31073/agrovisnyk202511-07

28. Дребот О.І., Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Особливості впливу змін клімату на аграрне виробництво та екосистеми Полісся: прогноз та адаптація. Київ: Аграрна наука, 2025. 84 с. doi: 10.31073/978-966-540-642-6