

Ю. В. Хомутінін\*, М. М. Лазарєв, О. В. Косарчук, В. В. Ілленко,  
С. Є. Левчук, В. В. Павлюченко, А. В. Сальнікова, Д. М. Лазарєв, В. О. Кашпаров

Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології  
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

\*Відповідальний автор: khomutinin@gmail.com

## СУЧАСНИЙ РАДІОЛОГІЧНИЙ СТАН ОРНИХ УГІДЬ НАРОДИЦЬКОЇ ОБ'ЄДНАНОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

На прикладі забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угідь Народицької об'єднаної територіальної громади Коростенського району Житомирської області, що були виведені з використання відповідно до Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» (Закон) із зазначенням у Державному земельному кадастрі України як «землі радіоактивно забруднені», оцінено їхній сучасний радіологічний стан та можливість повернення їх в господарський обіг. Показано, що досліджені площі сільськогосподарських угідь станом на 2025 р. за параметром щільності забруднення  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{238-240}\text{Pu}$  згідно з вимогами Закону не відповідають критеріям віднесення їх до зони безумовного (обов'язкового) відселення і навіть до зони гарантованого добровільного відселення й не мають законних підстав для обмежень у використанні їх. Проведено прогнозну оцінку забруднення сільськогосподарської продукції  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  на обстежених угіддях. Показано угіддя, на яких, без застосування контрзаходів може бути отримана продукція, що відповідає вимогам допустимих рівнів за вмістом радіонуклідів. Отримані в роботі результати є основою для уточнення радіологічного зонування території, де розташовані аналізовані поля, з метою повернення їх у господарський обіг.

*Ключові слова:* радіоактивне забруднення, щільність забруднення ґрунту, питома активність, зонування території,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238-240}\text{Pu}$ , повернення у сільськогосподарський обіг.

### 1. Вступ

У роботі розглядаються орні угіддя, розташовані на північ від селища Народичі, які були забруднені радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. За даними супутникової карти, це 40 полів загальною площею близько 2850 га. Після прийняття у 1991 р. Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» (Закон) [1] частина цих полів була виведена із сільськогосподарського використання із зазначенням у Держземкадастрі України як «землі радіоактивні» (без інформації щодо конкретної зони радіоактивного забруднення) з відповідним контролем державних правоохоронних органів. Відомо, що радіаційна ситуація на забрудненій радіонуклідами території динамічно покращувалася. Зокрема за роки після аварії до теперішнього часу лише за рахунок радіоактивного розпаду радіонуклідів щільність забруднення цих полів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  зменшилася більше, ніж у 2 рази. Внаслідок цього і процесів зв'язування  $^{137}\text{Cs}$  ґрунтовим вбирним комплексом суттєво знизилася радіоактивне забруднення сільськогосподарської продукції [2]. Це дає підстави переглянути як радіаційне зону-

вання населених пунктів в Україні [3], так і радіологічний статус сільськогосподарських угідь, які не змінювалися впродовж 33 років, та розглянути питання повернення їх у господарське використання.

У Законі (ст. 3, «Визначення радіаційно небезпечних земель») зазначено, що «Радіаційно небезпечні землі – це землі, на яких неможливе подальше проживання населення, одержання сільськогосподарської та іншої продукції, продуктів харчування, що відповідають республіканським та міжнародним допустимим рівням вмісту радіоактивних речовин, або які недоцільно використовувати за екологічними умовами». До визначених у цій статті земель належать території зони відчуження (ЗВ) та зони безумовного (обов'язкового) відселення (ЗБ(О)В) – «це територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від  $15,0 \text{ Ки/км}^2$  ( $555 \text{ кБк/м}^2$ ) та вище, або стронцію від  $3,0 \text{ Ки/км}^2$  ( $111 \text{ кБк/м}^2$ ) та вище, або плутонію від  $0,1 \text{ Ки/км}^2$  ( $3,7 \text{ кБк/м}^2$ ) та вище, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших

© Ю. В. Хомутінін, М. М. Лазарєв, О. В. Косарчук, В. В. Ілленко, С. Є. Левчук,  
В. В. Павлюченко, А. В. Сальнікова, Д. М. Лазарєв, В. О. Кашпаров, 2024

факторів може перевищити 5,0 мЗв (0,5 бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період» [1].

Радіоактивно забруднені землі – це землі зони гарантованого добровільного відселення (ЗГДВ) зі щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 5,0 Кі/км<sup>2</sup> (185 кБк/м<sup>2</sup>) до 15,0 Кі/км<sup>2</sup> (555 кБк/м<sup>2</sup>), або стронцію від 0,15 Кі/км<sup>2</sup> (5,55 кБк/м<sup>2</sup>) до 3,0 Кі/км<sup>2</sup> (111 кБк/м<sup>2</sup>), або плутонію від 0,01 Кі/км<sup>2</sup> (0,37 кБк/м<sup>2</sup>) до 0,1 Кі/км<sup>2</sup> (3,7 кБк/м<sup>2</sup>), які можна використовувати, але які, в деяких випадках, потребують проведення заходів радіаційного захисту та інших спеціальних втручань, спрямованих на обмеження додаткового опромінення, зумовленого Чорнобильською катастрофою, та забезпечення нормальної господарської діяльності [1].

Радіоактивно забруднені сільгоспугіддя можуть бути повернені у господарський обіг як без будь-яких обмежень, так і за умови необхідності проведення заходів радіаційного захисту для деяких видів конкретного використання. Найбільш прийнятним варіантом є повна радіологічна реабілітація угіддя, коли вони повертаються в господарську діяльність без обмежень за радіаційним фактором. Однак у ряді випадків це не завжди можливо. Реальна оцінка вмісту радіонуклідів у врожаї різних сільськогосподарських культур дає змогу зробити висновок яким чином сільгоспугіддя можуть бути повернені у господарський обіг: без обмежень; з обмеженнями на вирощування окремих культур; умовно із застосуванням комплексу заходів організаційного та спеціального характеру, що забезпечують радіоактивне забруднення кінцевої продукції нижче за допустимі рівні.

У віддалений період після аварії забруднення радіонуклідами сільськогосподарської продукції визначається забрудненням ними ґрунту та ґрунтово-кліматичними умовами сільськогосподарських угідь. У даний час на території Житомирської області для сільськогосподарської продукції основними забруднювачами для сільськогосподарської продукції є <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr.

Картографування – найбільш інформативний прийом для оцінок радіологічної небезпеки забруднення сільськогосподарських угідь. У зв'язку із зменшенням площі сільськогосподарських угідь через війну росії в Україні повернення в господарський обіг забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угідь є актуальним і досить складним завданням, що обтяжується відсутністю досвіду та забюрократизованою схемою розгляду цього питання. Відповідно до Закону основою зміни радіаційного зонування для повернення в господарський обіг цих угідь є

експертні висновки на основі результатів радіологічного обстеження з метою уточнення щільності забруднення радіонуклідами конкретних полів.

У цій роботі в основу можливості повернення забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угідь у господарський обіг покладено оцінку щільності радіонуклідного забруднення полів згідно із Законом [1] та розглянуто можливість виробництва різних видів продукції на основі ймовірного прогнозування надходження <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr у типові для розглянутого регіону сільськогосподарські культури. У якості критерію можливості використання без та з обмеженнями забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС орних угідь використано Державні гігієнічні нормативи (ДР-2006) [4]. Згідно з ДР-2006 вміст <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr у продуктах харчування не повинен перевищувати встановлених відповідних значень  $C_{137Cs}^0 (C_{90Sr}^0)$  та має задовольняти співвідношення

$$^{137}Cs / C_{137Cs}^0 + ^{90}Sr / C_{90Sr}^0 < 1, \quad (1)$$

де <sup>137</sup>Cs (<sup>90</sup>Sr) – питома активність <sup>137</sup>Cs (<sup>90</sup>Sr) у продукті, що спостерігається, Бк/кг;  $C_{137Cs}^0 (C_{90Sr}^0)$  – допустимий рівень питомої активності <sup>137</sup>Cs (<sup>90</sup>Sr) у цьому продукті, Бк/кг [4]. Такий підхід було успішно випробувано у роботі [5].

## 2. Об'єкти, методи, основні положення та вихідні дані

У роботі досліджували радіологічний стан колишніх сільськогосподарських полів, розташованих у межах Народицької об'єднаної територіальної громади (ОТГ). Характеристикою забруднення ґрунту радіонуклідами є щільність радіоактивного забруднення (кБк/м<sup>2</sup>), а характеристикою забруднення ними продукції є питома активність (Бк/кг).

Під час проведення радіологічних обстежень цих угідь вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання проводилося за допомогою дозиметра-радіометра «Стора-ТУ». Паралельно відбиралися проби ґрунту, в яких визначався вміст <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr, а також <sup>238-240</sup>Pu [5, 6].

Питому активність <sup>137</sup>Cs у пробах ґрунту вимірювали за допомогою гамма-спектрометра з напівпровідниковими детекторами (GEM-30185, EG&G Ortec, США), з багатоканальним аналізатором (ASPEC-927, EG&G Ortec, США) та програмним забезпеченням GammaVision. Для вимірювань використовували ємності Marinelli (1000 см<sup>3</sup>). Калібрування спектрометрів прово-

дилося відповідно до стандартного методу (ASTM, 2014) з використанням сертифікованих мультиелементних стандартів з відповідною матрицею. Впроваджені процедури контролю якості включали регулярний моніторинг засобами програмного забезпечення фону, роздільної здатності, ефективності реєстрації, а також аналіз контрольних зразків і сертифікованих референтних матеріалів. Аналіз референтного матеріалу ІАЕА-375 «Радіонукліди та мікроелементи в ґрунті» показав задовільні результати для концентрації активності  $^{137}\text{Cs}$  на рівні  $5320 \pm \pm 300$  Бк/кг ( $n = 3$ ) порівняно із сертифікованим значенням 5280 Бк/кг і знаходився в межах рекомендованого 95 % довірчого інтервалу (5200 - 5360 Бк/кг). Мінімальна вимірювана активність  $^{137}\text{Cs}$  в усіх пробах становила 1 Бк (на пробу).

Питому активність  $^{90}\text{Sr}$  у пробах ґрунту оцінювали через вимірювання активності його дочірнього продукту,  $^{90}\text{Y}$ . Радіохімічна підготовка включала вилуговування озолоного при 450 °C зразка ґрунту (300 г) в 8М  $\text{HNO}_3$ , фільтрування і осадження гідроксидів заліза з отриманого розчину. Осад гідроксидів відкидали і стронцій осаджувався з оксалатами кальцію. Відфільтрований осад оксалатів після термічної обробки розчиняли в 2,5 М  $\text{HNO}_3$ , додавали носій ітрію та зберігали протягом двох тижнів для встановлення рівноваги  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ . Потім ітрію осаджували у вигляді гідроксидів заліза та вимірювали активність  $^{90}\text{Y}$  за допомогою бета-спектрометра (СЕБ-70, АКП, Україна). Калібрування бета-спектрометра проведено із використанням стандартного розчину  $^{90}\text{Sr}$ . Хімічний вихід аналізу розраховувався за концентрацією стабільних стронцію та ітрію, яка вимірювалася за допомо-

гою атомно-абсорбційної спектроскопії (Varian 250Plus). Величини сумарного хімічного виходу варіювали в межах 50 - 85 %. Мінімальна вимірювана активність  $^{90}\text{Sr}$  в усіх пробах становила 0,3 Бк (на пробу).

Концентрацію активності ізотопів плутонію в пробах ґрунту вимірювали після радіохімічного виділення їх та електролітичного осадження на альфа-спектрометрі SOLOIST (EG&G Ortec, США). Процедура радіохімічного виділення включала вилуговування озолоного при 450 °C зразка ґрунту (20 г) в 8М  $\text{HNO}_3$ , фільтрування і осадження гідроксидів заліза з отриманого розчину. На стадії вилуговування для визначення хімічного виходу аналіту до зразка додавалася фіксована активність  $^{242}\text{Pu}$ . Гідроокиси розчинялись у 8 М  $\text{HNO}_3$  і ізотопи плутонію виділялися з отриманого розчину стандартним методом іонообмінної хроматографії [7] на аніоніті Dowex® 2-X8. Величини хімічного виходу варіювали в межах 40 - 75 %.

Радіологічне обстеження радіоактивно забруднених територій колишнього Народицького району у 1999, 2005 і 2022 - 2023 рр. було проведено в УкрНДІСГР НУБіП України. Ці результати були доповнені даними радіологічних обстежень, що отримані протягом 1988 - 2021 рр. іншими організаціями: інститутом «Укрземпроект» [8], Державним геологічним підприємством «Кіровгеологія» [9] та Житомирською філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» впродовж 2019 - 2020 рр. [10]. Це дало змогу за сукупністю результатів усіх обстежень, на основі методології, викладеної у роботах [5, 11 - 13], отримати детальні картосхеми щільності забруднення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  (рис. 1 і 2).



Рис. 1. Щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  сільськогосподарських угідь Народицької ОТГ станом на 2025 р.:  
 — межа зони зі щільністю забруднення ізотопами цезію від 555  $\text{kBq/m}^2$  (15  $\text{Ci/km}^2$ ) і вище на травень 1986 р.; — ізолінії,  $\text{kBq/m}^2$ . (Див. кольоровий рисунок на сайті журналу.)



Рис. 2. Щільність забруднення  $^{90}\text{Sr}$  сільськогосподарських угідь Народицької ОТГ станом на 2025 р.  
( — ізолінії,  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ). (Див. кольоровий рисунок на сайті журналу.)

При вирощуванні врожаю сільськогосподарських культур поле приймається як єдине ціле. У роботах [13, 14] показано, що у загальному випадку щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у межах поля розподілена нерівномірно. Це також видно на рис. 1 і 2 за розподілом ізоліній у межах поля. Ці характеристики для конкретного поля є випадковими величинами, що мають відповідні закони розподілу ймовірностей  $f(X)$ . У роботах [5, 13 - 16] показано, що їх можна розглядати як випадкові величини, що у першому наближенні описуються логнормальним законом розподілу ймовірностей

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot X \cdot s} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln(X) - \mu}{s} \right)^2}, \quad (2)$$

де  $X$  – значення характеристики радіоактивного забруднення ґрунту в точці;  $\mu$  і  $s$  – середнє значення і стандартне відхилення логарифму величини  $X$ . Середнє геометричне значення величини  $X$  (медіана) дорівнює  $GM = \exp(\mu)$ , а стандартне геометричне відхилення –  $GSD = \exp(s)$ .

У цьому випадку як точкову оцінку щільності забруднення ґрунту поля радіонуклідами необхідно використовувати медіану (середнє геометричне), а не середнє значення. Медіана чітко ділить розподіл можливих значень щільності забруднення ґрунту на полі навпіл (довірча ймо-

вірність  $P = 50\%$ ). Довірча ймовірність середнього значення невідома. Вона для кожного поля залежить від нерівномірності забруднення поля радіонуклідами. У нашому випадку вона може бути в межах  $P = 50 - 80\%$ . Використовуючи цей параметр (показник), неможливо коректно порівнювати ступінь радіоактивного забруднення полів, розташованих поруч. Характеристики  $GM$  і  $GSD$  дають змогу оцінити можливі верхні межі забруднення ґрунту ( $C_{Gr}^P$ ) радіонуклідами із заданим ступенем (ймовірністю) довіри  $P$

$$C_{Gr}^P = GM \cdot (GSD)^{U_p}, \quad (3)$$

де  $U_p$  – квантиль нормального розподілу для ймовірності  $P$ . Це означає, що в  $P \cdot 100\%$  випадків вміст радіонуклідів у пробах ґрунту, відібраних на полі, не буде перевищувати величини  $C_{Gr}^P$ .

Медіана ( $GM$ ,  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ) і верхня межа  $C_{Gr}^P$  щільності забруднення для довірчої ймовірності  $P = 0,9$  ( $A_{0,9}$ ,  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ) достатньо адекватно характеризують забруднення ґрунту поля радіонуклідами.

Для прогнозування вмісту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в урожаї ми обрали тестові культури (табл. 1), що є характерними на даний час для цього регіону.

Таблиця 1. Статистичні характеристики КП  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у тестових сільськогосподарських культурах на 2025 р. та допустимі рівні їх питомої активності у продукції

№ поля	Культура	$^{137}\text{Cs}$			$^{90}\text{Sr}$		
		$GM_{КП}$ , ( $\text{Бк}/\text{кг}$ )/( $\text{кБк}/\text{м}^2$ )	$GSD_{КП}$	$C_{^{137}\text{Cs}}^0$ , $\text{Бк}/\text{кг}$	$GM_{КП}$ , ( $\text{Бк}/\text{кг}$ )/( $\text{кБк}/\text{м}^2$ )	$GSD_{КП}$	$C_{^{90}\text{Sr}}^0$ , $\text{Бк}/\text{кг}$
1	Со́я (боби)	0,45	1,63	50	4	1,63	30
2	Соняшник (насіння)	0,08	1,63	70	1,2	1,3	10

№ поля	Культура	<sup>137</sup> Cs			<sup>90</sup> Sr		
		$GM_{КП}$ , (Бк/кг)/(кБк/м <sup>2</sup> )	$GSD_{КП}$	$C_{137Cs}^0$ , Бк/кг	$GM_{КП}$ , (Бк/кг)/(кБк/м <sup>2</sup> )	$GSD_{КП}$	$C_{90Sr}^0$ , Бк/кг
3	Зернові культури (зерно): овес, жито, пшениця, тритикале, ячмінь, просо	0,064	1,56	50	1,37	1,27	20
4	Кукурудза (зерно)	0,042	1,63	50	0,27	1,82	20

Вміст радіонуклідів у рослинах є динамічним процесом, оскільки поверхнева щільність їхніх випадів і коефіцієнти переходу (КП) залежать від часу  $t$ , що пройшов після забруднення території:  $C_{рос}(t) = КП(1986 + t) \cdot A(1986 + t)$ . Питання опису динаміки вмісту <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr у врожаї рослин докладно викладено у роботі [17] та рекомендаціях [18, 19]. Запропонована динамічна модель для КП <sup>137</sup>Cs є спадною асимптотичною функцією, вона добре апроксимує значення КП, що спостерігалися в початковий період після аварії і до 2010 р., далі практично виходить на свою «поличку» для кожної культури. Аналогічно поводить динамічна модель для КП <sup>90</sup>Sr. Тому для прогнозування вмісту радіонуклідів у врожаї тестових культур на 2025 р. у цій роботі було використано співвідношення

$$C_{рос} = КП \cdot A, \quad (4)$$

де  $C_{рос}$  – питома активність радіонукліда у рослинах у 2025 р., Бк/кг;  $A$  – щільність забруднення ґрунту радіонуклідом на 2025 р., кБк/м<sup>2</sup>;  $КП$  – коефіцієнт переходу радіонукліда з ґрунту в господарсько цінну частину продукції рослинництва на 2025 р., (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>).

Для оцінок КП у тестові культури було використано усереднені значення КП, які були отримані співробітниками НУБіП України на основі результатів вимірювань на території Полісся в період 2018 - 2023 рр. За потреби вони доповнювалися літературними даними. Ці оцінки були пролонговані на 2025 р. з урахуванням асимптотики динамічних моделей [17, 19].

Оскільки  $A$  і  $КП$  логнормально розподілені випадкові величини, то і  $C_{рос}$  також буде випадковою величиною з логнормальним законом розподілу ймовірностей [16], для якого відповідні середні геометричні (медіани)  $GM_{рос}$  і стандартні геометричні відхилення  $GSD_{рос}$  обчислюються як

$$GM_{рос} = GM_{КП} \cdot GM_A,$$

$$GSD_{рос} = \exp\left(\sqrt{\ln^2(GSD_{КП}) + \ln^2(GSD_A)}\right), \quad (5)$$

де  $GSD_{КП}$  при відсутності даних відповідно до [16] приймалося таким, що дорівнює 1,63. Ці характеристики, як і в разі забруднення ґрунту радіонуклідами, дають змогу оцінити можливі верхні межі вмісту радіонуклідів у врожаї рослин із заданим ступенем (ймовірністю) довіри  $P$

$$C_{рос}^P = GM_{рос} \cdot (GSD_{рос})^{Up}. \quad (6)$$

Знання законів розподілу вмісту радіонуклідів <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr у врожаї рослин дає можливість оцінити ризики (ймовірності) перевищення  $q_{\Sigma}$  встановлених нормативів ДР-2006 [4] за сукупністю <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr

$$q_{\Sigma} = Ver\left\{\left(\frac{^{137}Cs}{C_{137Cs}^0} + \frac{^{90}Sr}{C_{90Sr}^0}\right) \geq 1\right\}. \quad (7)$$

Відомо, що КП радіонуклідів із ґрунту у врожаї культур залежать від типу ґрунту та його агрохімічних характеристик [20, 21]. За природно-господарським районуванням земельного фонду України територія розглянутих полів відноситься до зони Полісся. Ґрунтовий покрив обстежених угідь, їхній механічний склад характеризуються значною неоднорідністю, домінуванням дерново-підзолистих ґрунтів та дерново-глейовими глинисто-піщаними та супіщаними відмінами і незначною кількістю торф'яно-болотних ґрунтів [22]. При обстеженні полів агрохімічний аналіз зразків ґрунту здійснено за загальноприйнятими та стандартизованими методиками. Проби ґрунту для оцінки щільності радіонуклідного забруднення та агрохімічних показників відібрано з орного шару (0 - 20 см) відповідно до [15, 23]. Вміст гумусу визначено за методом Тюріна з використанням фотоколориметричного методу [24], обмінну кислотність, рН – за потенціометричним методом [25], рухомий фосфор і обмінний калій – за методом Чирикова у модифікації ЦІНАО [26]. Ці ґрунти характеризуються низькою забезпеченістю поживними речовинами і кислою реакцією ґрунтового розчину.

Так, рН ґрунтового розчину на досліджених сільськогосподарських угіддях коливався від кислих – 3,9 на лучних ґрунтах до нейтральних –

6,7 на орних ґрунтах; забезпеченість ґрунту калієм коливалася від помірного – 81 мг/кг до добре забезпеченого – 196 мг/кг (див. поле № 13 на рис. 1), вміст гумусу становив від 1,5 %. Даний показник характерний для поліської зони до 3,2 % (на лучних угіддях, низинна частина поля), що притаманно для торфового ґрунту і більше характеризує вміст органічної речовини.

Для моделювання вмісту радіонуклідів у врожаї тестових культур було проаналізовано відповідні КП  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ , отримані в УкрНДІСГР НУБіП України, і літературні дані [24, 27 - 30], для дерново-підзолистих супіщаних і піщаних ґрунтів (для  $^{137}\text{Cs}$  у діапазоні вмісту  $\text{K}_2\text{O}$  81 -

200 мг/кг, для  $^{90}\text{Sr}$  у діапазоні рН – 4,6 - 6,7) (див. табл. 1).

### 3. Результати та обговорення

Узагальнені картосхеми забруднення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  аналізованих орних полів Народицької ОТГ станом на 2025 р. наведено на рис. 1 і 2, а у табл. 2 дано оцінки щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  кожного поля. Там же наведено верхні межі щільності забруднення для довірчої ймовірності  $P = 0,9$  ( $A_{0,9}$ , кБк/м<sup>2</sup>). Методологію оцінки  $GSD$  детально описано в роботі [14]. Номери полів показано на рис. 1.

Таблиця 2. Оцінки характеристик радіоактивного забруднення орних угідь біля селища Народичі станом на 2025 р.

№ угіддя	Площа, га	$^{137}\text{Cs}$			$^{90}\text{Sr}$			$^{238,239,240}\text{Pu}$		
		$GM$ , кБк/м <sup>2</sup>	$GSD$	$A_{0,9}$ , кБк/м <sup>2</sup>	$GM$ , кБк/м <sup>2</sup>	$GSD$	$A_{0,9}$ , кБк/м <sup>2</sup>	$GM$ , кБк/м <sup>2</sup>	$GSD$	$A_{0,9}$ , кБк/м <sup>2</sup>
1	29,6	260	1,42	408	4,8	1,83	10,40	0,115	1,85	0,254
2	37,2	365	1,43	576	6,2	1,83	13,54	0,150	1,86	0,331
3	36,2	268	1,48	443	5,0	1,87	11,07	0,119	1,90	0,270
4	85,1	308	1,45	494	5,5	1,85	12,00	0,131	1,87	0,293
5	99,5	176	1,44	280	3,7	1,84	8,16	0,090	1,86	0,199
6	21,6	151	1,42	237	3,5	1,83	7,47	0,083	1,85	0,182
7	100,0	123	1,44	195	3,1	1,84	6,68	0,074	1,86	0,163
8	68,5	126	1,46	205	3,1	1,85	6,83	0,074	1,88	0,167
9	212,4	185	1,48	306	3,9	1,87	8,62	0,093	1,90	0,211
10	36,4	125	1,43	198	3,1	1,83	6,79	0,075	1,86	0,166
11	70,3	123	1,43	194	3,1	1,83	6,72	0,074	1,86	0,164
12	104,0	116	1,42	181	3,0	1,83	6,50	0,072	1,85	0,159
13	24,3	112	1,41	175	2,9	1,82	6,35	0,071	1,85	0,155
14	71,8	110	1,42	171	2,9	1,82	6,29	0,070	1,85	0,154
15	102,2	89	1,42	140	2,7	1,83	5,77	0,064	1,85	0,141
16	50,6	78	1,42	122	2,5	1,83	5,42	0,060	1,85	0,133
17	6,1	72	1,42	113	2,4	1,83	5,27	0,058	1,85	0,129
18	108,1	79	1,42	124	2,5	1,83	5,48	0,061	1,85	0,134
19	53,6	97	1,44	154	2,8	1,84	6,06	0,067	1,87	0,148
20	59,2	105	1,54	182	2,9	1,92	6,73	0,070	1,95	0,164
21	27,3	123	1,49	204	3,2	1,88	7,09	0,076	1,91	0,173
22	19,0	96	1,42	149	2,3	1,82	5,05	0,056	1,85	0,123
23	12,8	112	1,42	176	2,5	1,83	5,38	0,060	1,85	0,131
24	193,3	88	1,43	139	2,4	1,83	5,24	0,058	1,86	0,128
25	18,9	74	1,42	116	2,4	1,82	5,20	0,058	1,85	0,127
26	52,6	105	1,48	173	2,9	1,87	6,45	0,069	1,90	0,158
27	124,1	105	1,47	171	3,0	1,86	6,67	0,072	1,89	0,163
28	33,5	117	1,44	186	3,4	1,84	7,33	0,080	1,87	0,179
29	144,6	80	1,43	126	2,8	1,83	6,14	0,068	1,86	0,150
30	24,6	97	1,41	150	3,1	1,82	6,67	0,074	1,85	0,163
31	47,3	93	1,42	145	3,3	1,83	7,10	0,079	1,85	0,174
32	151,8	132	1,53	227	3,3	1,91	7,62	0,080	1,94	0,186
33	191,2	119	1,46	193	3,3	1,85	7,17	0,078	1,88	0,175
34	79,5	108	1,42	169	2,7	1,83	5,88	0,065	1,85	0,144
35	16,5	137	1,42	215	2,9	1,83	6,19	0,069	1,85	0,151
36	32,3	145	1,43	230	3,1	1,84	6,74	0,074	1,86	0,165
37	110,2	74	1,50	124	2,3	1,89	5,17	0,055	1,91	0,126
38	99,3	79	1,44	126	2,7	1,84	6,00	0,066	1,87	0,147
39	30,4	90	1,41	140	3,3	1,82	7,01	0,078	1,85	0,171
40	63,9	98	1,42	155	3,1	1,83	6,71	0,074	1,86	0,164

Наведені у табл. 2 результати дають можливість оцінити, до якої зони радіоактивного забруднення згідно із Законом [1] у 2025 р. будуть належати обстежені сільськогосподарські угіддя. Станом на 2025 р. тільки перші чотири поля за середньою геометричною щільністю забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  можна віднести до 3-ї зони (ЗГДВ), інші взагалі зараз не відносяться до радіоактивно забруднених земель [1]. Також оцінено приналежність розглянутих полів до тієї чи іншої зони радіоактивного забруднення за параметром  $A_{0,9}$ .

На рис. 3 показано зеленим кольором (■) орні поля, які станом на 2025 р. з ймовірністю

90 % за щільністю забруднення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  взагалі не будуть відноситися до радіоактивно забруднених земель. Жовтим кольором (■) показано поля, ймовірність приналежності яких до ЗГДВ за забрудненням ґрунту  $^{90}\text{Sr}$  не буде перевищувати 10 % ( $5,55 - 111 \text{ кБк/м}^2$ ). Жовтим кольором зі штрихуванням (■) показано поля, ймовірність приналежності яких до ЗГДВ за забрудненням ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  не буде перевищувати 10 % ( $^{137}\text{Cs} - 185 - 555 \text{ кБк/м}^2$ ;  $^{90}\text{Sr} - 5,55 - 111 \text{ кБк/м}^2$ ). Червоним кольором (■) показано поля, ймовірність приналежності яких до ЗБ(О)В за забрудненням ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  буде перевищувати 10 % ( $^{137}\text{Cs} > 555 \text{ кБк/м}^2$ ).

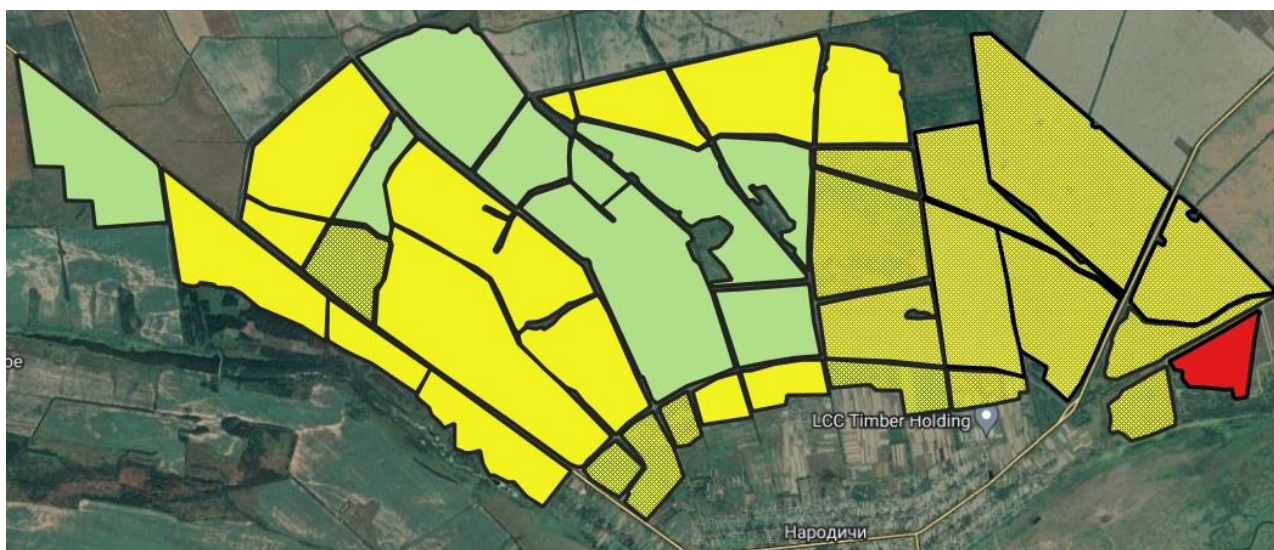


Рис. 3. Сучасна приналежність сільськогосподарських угідь Народицької ОТГ до зон радіоактивного забруднення за максимально можливою щільністю забруднення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  станом на 2025 р.:

■ – 2-га зона (ЗБ(О)В); ■ – 3-тя зона (ЗГДВ); ■ – не відносяться до радіоактивно забруднених угідь. (Див. кольоровий рисунок на сайті журналу.)

За щільністю забруднення ґрунту ізотопами плутонію поля, що розглядаються, не відносяться до радіоактивно забруднених (див. табл. 2).

Виходячи зі щільності радіоактивного забруднення (див. табл. 2 і рис. 3), згідно із Законом [1] ці поля можливо повернути в господарський обіг. На основі викладеного вище підходу для кожного з полів були оцінені статистичні характеристики очікуваного вмісту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в урожаї сільськогосподарських культур (медіана, геометричне стандартне відхилення, верхня межа  $C_{\text{рос}}^P$  для  $P = 0,9$  та ризику перевищення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$   $q_{\Sigma}$  встановлених нормативів [4]). Значені характеристики вмісту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у врожаї представлено на рис. 4 - 6 у вигляді стовпчастих діаграм тільки для полів з найбільшим забрудненням урожаю сої. Соя серед тестових культур має найбільші КП із ґрунту в боби. Значення  $C_{\text{рос}}^{0,9}$  відкладені вгору у вигляді похибок.

Проведені розрахунки (див. рис. 4 - 6) показують, що на розглянутих полях починаючи з 2025 р., вміст  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у вирощених без контрзаходів зернових культурах (овес, жито, тритикале, пшениця, ячмінь, просо), зерні кукурудзи, насінні сояшника в цілому задовольнятиме вимоги ДР-2006. Ризик перевищення встановлених нормативів загалом не перевищує 10 % (зерно кукурудзи – 3 %; насіння сояшника – 8 %; зернові – 7 % крім полів № 1 - 4).

Найбільш критичною культурою є соя. Вміст  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в її бобах може перевищувати допустимі норми на значній частині полів. Тим не менш, застосування стандартних контрзаходів, таких як вапнування ґрунтів і внесення калійних добрив [30], дає змогу гарантовано на всіх полях (див. табл. 1, рис. 1 і 2) отримувати сільськогосподарську продукцію із вмістом радіонуклідів нижче допустимих ДР-2006 рівнів.

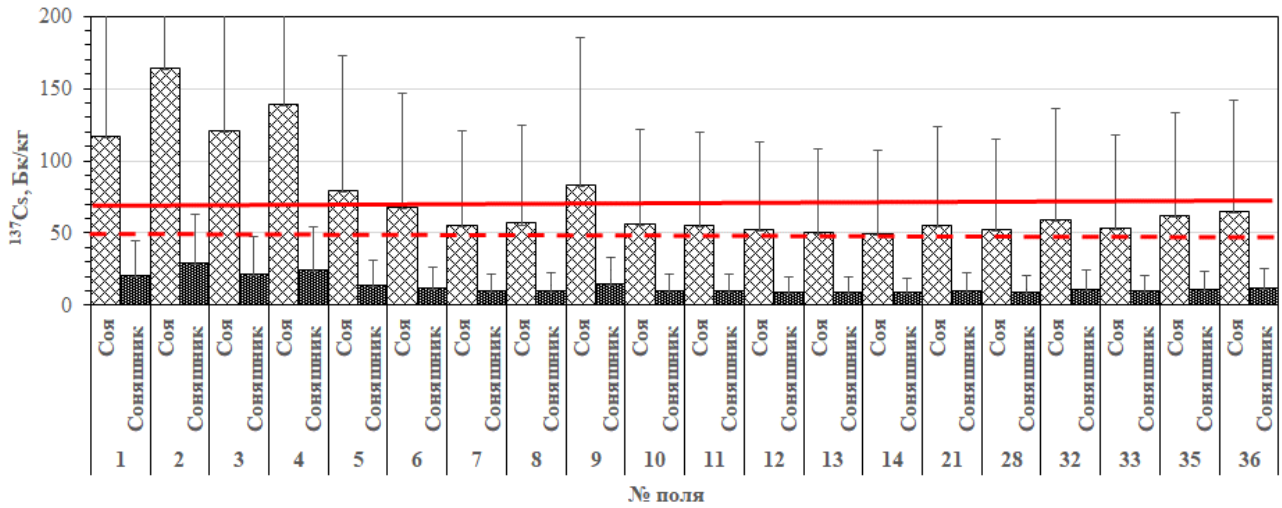


Рис. 4. Прогнозований вміст  $^{137}\text{Cs}$  у врожаї сої і соняшника на 2025 р. без застосування контрзаходів:  
 — допустиме значення для сої; - - допустиме значення для соняшника.

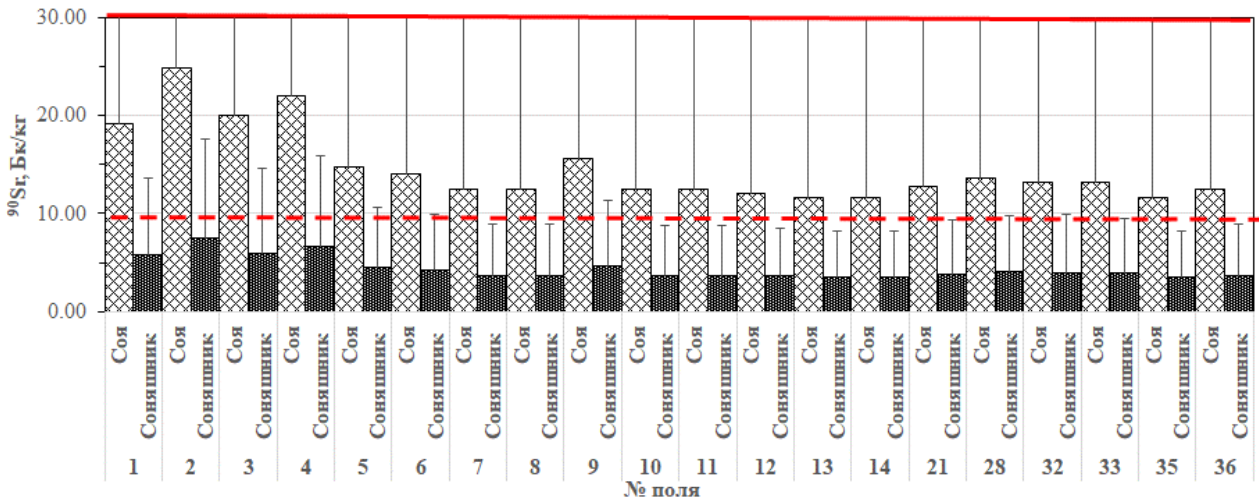


Рис. 5. Прогнозований вміст  $^{90}\text{Sr}$  у врожаї сої і соняшника на 2025 р. без застосування контрзаходів:  
 — допустиме значення для сої; - - допустиме значення для соняшника.

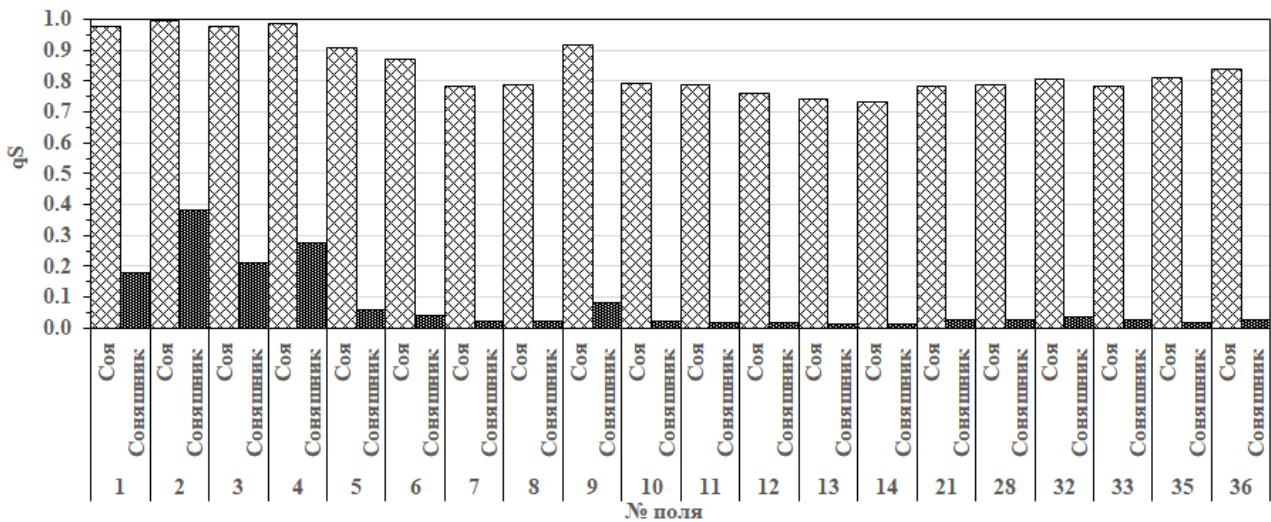


Рис. 6. Ризики перевищення встановлених нормативів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у врожаї сої та соняшника

$$q_S = \text{Ver} \left\{ \left( \frac{^{137}\text{Cs}}{C_{^{137}\text{Cs}}^0} + \frac{^{90}\text{Sr}}{C_{^{90}\text{Sr}}^0} \right) \geq 1 \right\} \text{ на 2025 р. без застосування контрзаходів.}$$



Вміст  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в урожаї інших сільськогосподарських культур також буде відповідати вимогам ДР-2006, якщо відповідні КП не перевищують значень, наведених у табл. 1.

#### 4. Висновки

Радіологічне обстеження забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угідь Народицької ОТГ Житомирської області, що виведені з господарського використання після аварії на ЧАЕС, дали змогу оцінити їхній сучасний радіологічний стан та можливість повернення їх у господарський обіг.

Показано, що переважна більшість обстежених полів (крім полів № 1 - 4), відповідно до вимог Закону, станом на 2025 р. за медіанними рівнями радіоактивного забруднення не відносяться ні до 2-ї зони (ЗБ(О)В), ні до 3-ї зони (ЗГДВ), тобто не вважаються радіоактивно забрудненими. За консервативними оцінками щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з довірчою ймовірністю 90 % ( $A_{0,9}$ ) поля, що розглядаються, в основному можна віднести до 3-ї зони радіоактивного забруднення і вони можуть бути використані у сільськогосподарському виробництві.

Отримані в роботі результати можуть бути корисними для уточнення радіологічного зонування обстеженої території та повернення даних угідь у господарський обіг. При цьому автори за результатами багаторічних досліджень вважають за важливе навести свої міркування щодо статистичних параметрів радіологічних характеристик

забруднення радіонуклідами ґрунту угіддя та врожаю сільськогосподарських культур.

При вирощуванні сільськогосподарських культур угіддя (поле) розглядається як єдине ціле, середнє забруднення ґрунту якого радіонуклідами оцінюється за результатами їх вимірювання (за вибіркою деякого обсягу) або розрахунково. Отримані оцінки є випадковими величинами.

На нашу думку, для радіологічної характеристики середнього забруднення радіонуклідами ґрунту поля доцільно використовувати медіану та геометричне стандартне відхилення.

Результатом господарського використання угіддя є врожай сільськогосподарських культур, на який встановлено нормативи щодо вмісту радіонуклідів. Забруднення врожаю сільськогосподарських культур радіонуклідами оцінюється за результатами їх вимірювання у пробах (за вибіркою деякого обсягу) або розрахунково і є випадковою величиною. Тому для повної характеристики забруднення врожаю радіонуклідами доцільно законодавчо встановити значення допустимих ризиків перевищення встановлених нормативів.

Автори висловлюють подяку Національному фонду наукових 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 для поповнення продовольчого потенціалу України».

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» від 27.02.91 р. № 791а-ХІІ. *Відомості Верховної Ради УРСР (БВР) 16 (1991) ст. 198.* / Law of Ukraine "On the Legal Regime of the Territory Exposed to Radioactive Contamination as a Result of the Chernobyl Disaster" of 27.02.91, No. 791a-XII. *Bulletin of the Verkhovna Rada of the Ukrainian SSR 16 (1991) art. 198.*
2. I. Labunska 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 117 (2018) 250.*
3. В.О. Кашпаров та ін. Зонування територій радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії. *Ядерна фізика та енергетика 23(3) (2022) 182.* / V.O. Kashparov et al. Zoning of radioactively contaminated territories after the Chernobyl accident. *Nucl. Phys. At. Energy 23(3) (2022) 182.* (Ukr)
4. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питної води. Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006. Офіційний вісник України 29 (2006) 142. / State Hygiene Standards. Permissible Levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  Radionuclides in Food and Drinking Water. Hygienic Standard GN 6.6.1.1-130-2006. *Ofitsiynyy Visnyk Ukrayiny 29 (2006) 142.* (Ukr)
5. Ю.В. Хомутінін та ін. Прогнозування надходження радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у сільськогосподарські культури. *Ядерна фізика та енергетика 22(3) (2021) 284.* / Yu.V. Khomutinin et al. Forecasting of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  radionuclides intake into agricultural crops. *Nucl. Phys. At. Energy 22(3) (2021) 284.* (Ukr)
6. Ю.В. Хомутінін та ін. Оцінка можливості повернення в господарський обіг виведених, внаслідок аварії на ЧАЕС, пасовищ і сіножатей. *Ядерна фізика та енергетика 23(1) (2022) 47.* / Yu.V. Khomutinin et al. Assessment of the possibility of a return to the original use of pastures and hayfields

- abandoned after the Chernobyl accident. *Nucl. Phys. At. Energy* 23(1) (2022) 47. (Ukr)
7. ASTM C1001-00. Standard Test Method for Radiochemical Determination of Plutonium in Soil by Alpha Spectroscopy (2017).
  8. Карти характеристик полів сівозмін, лук і пасовищ по гамма-фону в колгоспі «Зоря комунізму» смт Народичі с. С. Шарне Народицького району (Житомир, Житомирська філія державного підприємства «Науково-дослідний та проєктний інститут землеустрою», 1988). / Maps of the characteristics of crop rotation fields, meadows and pastures by gamma background in the collective farm “Zorya Komunizmu” in Narodychi village, Old Sharne village, Narodychi district (Zhytomyr, Zhytomyr branch of the State Enterprise “Research and Design Institute of Land Management”, 1988). (Ukr)
  9. Отчет о результатах работ по повторному обследованию выведенных из севооборота земель Житомирской области. Договор № 2 от 22 августа 1995 года (Киев, 1998). / Report on the results of works on the repeated survey of the lands withdrawn from crop rotation in Zhytomyr region. Contract No. 2 of August 22, 1995 (Kyiv, 1998). (Rus)
  10. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України» Житомирська філія ДУ «Держґрунтохорона». Довідка № 158-06/03.0,3/440; № 158-06/03.0,3/439; № 158-06/03.0,3/441; № 158-06/03.0,3/44; № 158-06/03.0,3/170; № 158-06/03.0,3/43; № 158-06/03.0,3/42. / Ministry for Development of Economy, Trade and Agriculture of Ukraine. State Institution “Institute of Soil Protection of Ukraine” Zhytomyr branch of the State Institution “State Soil Protection”. Certificate No. 158-06/03.0,3/440; No. 158-06/03.0,3/439; No. 158-06/03.0,3/441; No. 158-06/03.0,3/44; No. 158-06/03.0,3/170; No. 158-06/03.0,3/43; No. 158-06/03.0,3/42. (Ukr)
  11. Ю.В. Хомутинін, С.Є. Левчук, В.О. Кашпаров. Експрес оцінка щільності забруднення ґрунту ізотопами плутонію чорнобильського походження. *Наукові доповіді НУБіП України* 4(98) (2022). / Yu.V. Khomutinin, S.E. Levchuk, V.O. Kashparov. Express estimation of soil pollution density by planting isotopes of Chernobyl origin. *Naukovi Dopovidi of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine* 4(98) (2022). (Ukr)
  12. Ю.В. Хомутинін, О.В. Косарчук, С.В. Поліщук. Побудова картосхем щільності забруднення <sup>137</sup>Cs сільськогосподарських угідь за сукупністю результатів обстеження. *Ядерна фізика та енергетика* 25(1) (2024) 79. / Yu.V. Khomutinin, O.V. Kosarchuk, S.V. Polischuk. Mapping of <sup>137</sup>Cs contamination density on agricultural lands based on the summary of the survey results. *Nucl. Phys. At. Energy* 25(1) (2024) 79. (Ukr)
  13. Ю.В. Хомутинин и др. Оперативное картографирование загрязненных радионуклидами территорий. *Ядерная та радіаційна безпека* 3(83) (2019) 51. / Yu.V. Khomutinin et al. Prompt mapping of radioactively contaminated areas. *Nuclear and Radiation Safety* 3(83) (2019) 51. (Rus)
  14. Ю.В. Хомутинін, С.Є. Левчук, В.В. Павлюченко. Методологія оперативної оцінки радіоактивного забруднення земель сільськогосподарського призначення з метою повернення їх у господарське використання. *Ядерна фізика та енергетика* 22(1) (2021) 74. / Yu.V. Khomutinin, S.E. Levchuk, V.V. Pavlyuchenko. Operative assessment of radioactive contamination of agricultural land for their return to use. *Nucl. Phys. At. Energy* 22(1) (2021) 74. (Ukr)
  15. Yu. Khomutinin et al. Optimising sampling strategies for emergency response: Soil sampling. *J. Environ. Radioactivity* 222 (2020) 106344.
  16. Yu. Khomutinin et al. Optimising sampling strategies for emergency response: Vegetation sampling. *J. Environ. Radioactivity* 233 (2021) 106605.
  17. Б.С. Пристер, В.Д. Виноградская, Л.В. Перепелятникова. Обоснование и параметризация модели поведения <sup>137</sup>Cs в системе «почва - растение». *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля* 5 (2006) 170. / B.S. Prister, V.D. Vynogradskaja, L.V. Perepelyatnikova. Substantiation and parameterisation of the model describing <sup>137</sup>Cs behaviour in a “soil - plant” system. *Problemy Bezpeky Atomnykh Elektrostansiy i Chornobylya* 5 (2006) 170. (Rus)
  18. *Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддаленій період. Рекомендації.* Під ред. Б.С. Прістера (Київ: Атіка, 2007) 196 с. / *Conducting Agricultural Production in the Territories Contaminated as a Result of the Chernobyl Disaster in the Long Term. Recommendations.* B.S. Prister (Ed.) (Kyiv: Atika, 2007) 196 p. (Ukr)
  19. *Науково-обґрунтовані рекомендації з проведення захисних заходів на радіоактивно забруднених сільськогосподарських угіддях на весь період після аварії.* Методичні рекомендації. Під ред. Б.С. Прістера (Київ, 2014) 95 с. / *Science-Based Recommendations for Protective Measures on Radioactively Contaminated Agricultural Lands for the Entire Period after the Accident.* Methodological recommendations. B.S. Prister (Ed.) (Kyiv, 2014) 95 p. (Ukr)
  20. Б.С. Прістер та ін. *Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС на період 1999 - 2002 рр.* Методичні рекомендації (Київ: Ярмарок, 1998) 102 с. / B.S. Prister et al. *Agricultural Management in the Conditions of Radioactive Contamination of the Territory of Ukraine as a Result of the Chernobyl Accident for the Period 1999 - 2002.* Methodological recommendations (Kyiv: Yarmarok, 1998) 102 p. (Ukr)
  21. *Рекомендації по веденню сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення земель Республіки Беларусь на 2012 - 2016 годы* (Мінск, 2012) 124 с. / *Recommendations for the Management of Agricultural Production in the Conditions of Radioactive Contamination of the Lands of the Republic of Belarus for 2012 - 2016* (Minsk, 2012) 124 p. (Ukr)

- dations on Agricultural Production under Conditions of Radioactive Contamination of Lands of the Republic of Belarus for 2012 - 2016 (Minsk, 2012) 124 p. (Rus)
22. Публічна кадастрова карта України. / Public Cadastral Map of Ukraine. (Ukr)
  23. Якість ґрунту. Відбирання проб. ДСТУ 4287:2004 (Київ: Держспоживстандарт України, 2005) 9 с. / *Soil Quality. Sampling. State Standards of Ukraine 4287:2004* (Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005) 9 p. (Ukr)
  24. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. ДСТУ 4289:2004 (Київ: Держспоживстандарт України, 2005) 18 с. / *Soil Quality. Methods for Determination of Organic Matter. State Standards of Ukraine 4289:2004* (Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005) 18 p. (Ukr)
  25. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390-2005, IDT). ДСТУ ISO 10390:2007 (Київ: Держспоживстандарт України, 2007) 12 с. / *Soil Quality. Determination of pH (ISO 10390-2005, IDT). State Standards of Ukraine ISO 10390:2007* (Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2007) 12 p.
  26. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова. ДСТУ 4115-2002 (Київ: Держспоживстандарт України, 2015) 10 с. / *Soils. Determination of Mobile Phosphorus and Potassium Compounds by the Modified Chirikov Method. State Standards of Ukraine 4115-2002* (Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2015) 10 p. (Ukr)
  27. Г.П. Перепелятников, Н.А. Кимаковская. Радиоэкологическое нормирование допустимого содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почвах сельскохозяйственных угодий Украины, загрязненных после аварии на ЧАЭС. *Агрохимический вестник* 6 (2013) 23. / G.P. Perepelyatnikov, N.A. Kimakovskaya. Radioecological rationing of permissible  $^{137}\text{Cs}$  content in soils of Ukrainian agricultural lands contaminated after the Chernobyl accident. *Agrokhimicheskii Vestnik* 6 (2013) 23. (Rus)
  28. *Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments. IAEA-TECDOC-1616* (Vienna: IAEA, 2009) 622 p.
  29. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Technical Reports Series No. 472 (Vienna: IAEA, 2010) 208 p.
  30. S.V. Fesenko et al. Twenty years' application of agricultural countermeasures following the Chernobyl accident: lessons learned. *Journal of Radiological Protection* 26 (2006) 351.

**Yu. V. Khomutinin\*, M. M. Lazarev, O. V. Kosarchuk, V. V. Ilienko, S. Ye. Levchuk, V. V. Pavlyuchenko, A. V. Salnikova, D. M. Lazarev, V. O. Kashparov**

*Ukrainian Institute of Agricultural Radiology,  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

\*Corresponding author: khomutinin@gmail.com

#### **RADIOLOGICAL STATUS OF AGRICULTURAL LANDS OF THE NARODYCHI UNITED TERRITORIAL COMMUNITY**

Current radiological conditions and the possibility of returning to economic use of radionuclide-contaminated agricultural lands of the Narodychi United Territorial Community of the Korosten District of the Zhytomyr Region were assessed. The lands had been withdrawn from use in accordance with the Law of Ukraine “On the Legal Regime of the Territory Exposed to Radioactive Contamination as a Result of the Chornobyl Disaster” (Law) and marked in the State Land Cadastre of Ukraine as “radioactively contaminated land”. It is shown that in accordance with the requirements of the Law on soil contamination density with  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238-240}\text{Pu}$  the lands currently do not belong to the zone of unconditional (mandatory) resettlement and even the zone of guaranteed voluntary resettlement and have no legal grounds for restrictions on their use. Predictive assessment of contamination of crops with  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  growing on the considered fields was performed. The assessments show which from the fields can be used to produce without countermeasure products below the permissible levels.

**Keywords:** radioactive contamination, soil contamination density, specific activity, zoning,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238-240}\text{Pu}$ , return to agricultural use.

Надійшла / Received 06.03.2024