

## РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ЗЕМЕЛЬ У ВІДДАЛЕНІЙ ПЕРІОД ПІСЛЯ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

О.І. Дутов<sup>1</sup>, В.П. Ландін<sup>2</sup>, А.О. Мельничук<sup>3</sup>, О.І. Гриник<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління Мінприроди України

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН

<sup>3</sup> Інститут сільського господарства Полісся НААН

*Одним із видів деградації ґрунтів є забруднення техногенними радіонуклідами. В Україні аварійними викидами Чорнобильської АЕС було забруднено понад 3,5 млн га сільгоспугідь. Показано, що радіаційно-екологічні аспекти реабілітації і раціонального використання земель, забруднених радіонуклідами, полягають не лише у забезпеченні виробництва радіологічно безпечною продукцією, але й у зменшенні потоків <sup>137</sup>Cs з урожаєм. Встановлено, що у віддалений період розвитку радіаційної ситуації, найкритичнішою продукцією залишається молоко корів, що виробляється в особистих підсобних господарствах населення, і лісова продукція (гриби, ягоди, дичина тощо). На основі узагальнення досвіду сільськогосподарського використання земель, забруднених радіонуклідами, запропоновано агроекологічне групування земель Полісся з метою запобігання їх деградації і раціонального використання.*

**Ключові слова:** деградація земель, радіоактивне забруднення, використання радіаційно забруднених земель, радіаційно-екологічна критичність продукції, зони радіоактивного забруднення, питома активність радіонуклідів у сільськогосподарській продукції, <sup>137</sup>Cs, віддалений період розвитку радіаційної ситуації.

Останнім часом через погіршення економічної ситуації відбулося різке скорочення обсягів застосування мінеральних і органічних добрив та хімічних меліорантів ґрунтів, що спричиняє їх деградацію. Тобто зниження вмісту гумусу в ґрунті та підвищення актуальної кислотності, погіршення їх структури, і загалом, до погіршення їх родючості в цілому. Одним із видів хімічної деградації ґрунтів є забруднення території України радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

З часом основним шляхом включення радіонуклідів у харчові ланцюги стає їх кореневе надходження з ґрунту в рослини, а основним джерелом радіаційної небезпеки населення — сільськогосподарська продукція, вироблена на забруднених територіях [1–3].

За період, що минув після Чорнобильської катастрофи, радіаційна ситуація на забруднених територіях значно поліпши-

лася. Насамперед, це відбулося завдяки природним процесам: фізичному розпаду радіонуклідів, їх іммобілізації ґрунтово-поглинальним комплексом, а також впровадженню протирадіаційних заходів тощо [4–5].

Але й досі залишається низка проблем, зумовлених зменшенням обсягів протирадіаційних заходів, тому в структурі загальної дози опромінення населення переважає внутрішнє опромінення внаслідок споживання харчових продуктів, що виробляються на радіоактивно забруднених територіях [6–9].

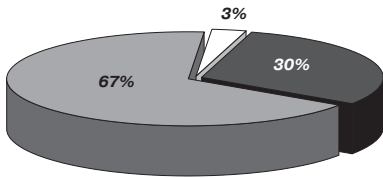
Мета роботи — визначення радіаційно-екологічних аспектів щодо реабілітації радіоактивно забруднених земель та особливостей їх використання у віддалений період після Чорнобильської катастрофи.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

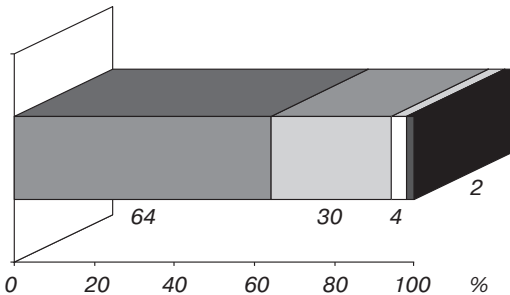
Вивчення радіаційно-екологічних аспектів впровадження протирадіаційних заходів у віддалений період після Черно-

бильської катастрофи проводили у п'яти найбільш забруднених областях України: Волинській, Житомирській, Рівненській, Київській і Чернігівській. Уміст  $^{137}\text{Cs}$ , як основного дозоутворювального радіонукліда, визначали спектрометричним методом на гамма-спектрометричному устаткуванні з напівпровідниковими детекторами GEM-30185, Ge(Li), GMX серії EG&G ORTEC з багатоканальним аналізатором ADCAM-300. Відбір зразків для аналізування та їх підготовку здійснювали за загальноприйнятими методиками з урахуванням спеціфіки науково-дослідних робіт у галузі сільськогосподарської радіології [10].

Для оцінювання накопичення радіонуклідів урожаєм за різної щільності забруднення ґрунту використовували коефіцієнт переходу (КП)  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в рослини — вміст радіонукліда в рослині за щільності забруднення ґрунту, що дорівнює



**Рис. 1.** Структура ґрунтового покриву території, що найбільше постраждала від забруднення радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС: ■ — дерново-підзолисті; □ — торфоболотні; ■ — сірі лісові і чорноземні ґрунти



**Рис. 2.** Структура радіоактивно забрудненої  $^{137}\text{Cs}$  продукції: ■ — молоко; ■ — лісова продукція; □ — продукція рослинництва; ■ — м'ясо

одиниці (Бк/кг повітряно-сухої маси рослин) / (кБк/м<sup>2</sup> ґрунту).

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що радіаційно-екологічні аспекти впровадження протирадіаційних заходів у віддалений період після Чорнобильської катастрофи залежать від типу ґрунту і його родючості [11, 12].

За результатами аналізу структури ґрунтового покриву сільськогосподарських угідь, що зазнали найбільшого радіоактивного забруднення (рис. 1) найкритичнішими є торфоболотні і дерново-підзолисті ґрунти різноманітного механічного складу (70%), і значно менше забруднені сірі лісові і чорноземи (30%).

Радіаційно-екологічні аспекти реабілітації радіоактивно забруднених земель повинні здійснюватися з урахуванням радіаційної критичності сільськогосподарської продукції, що виробляється на забруднених територіях. Структуру продукції, вміст радіонуклідів у якій перевищує чинний державний гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006 [13], наведено на рисунку 2.

Аналіз наведених даних свідчить, що і на сьогодні, у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС, найкритичнішим щодо радіоактивного забруднення серед сільськогосподарської продукції залишається молоко. Від загальної кількості зразків продукції, вміст радіонуклідів у яких перевищує ДР-2006, молока належить 64%. Але питома активність цієї продукції може істотно змінюватися впродовж року відповідно до умов утримання великої рогатої худоби (ВРХ). У посушливі роки, коли худобу починають випасати в лісових угіддях та на некультурених луках і пасовищах, вміст  $^{137}\text{Cs}$  в молоці істотно збільшується.

Останнім часом зменшується ступінь критичності м'яса ВРХ. За усередненими даними цей продукт становить близько 2% від загальної кількості зразків з перевищенням ДР-2006. Зумовлено це введенням у практику відгодовування ВРХ перед забоем радіоактивно незабрудненими кормами, використанням методики прижит-

тевого визначення вмісту радіонуклідів у ВРХ тощо.

Друге місце за ступенем критичності належить групі продукції лісового походження (гриби, ягоди, дичина тощо).

На відміну від інших регіонів України, ця продукція займає чільне місце в раціоні населення, яке постійно проживає на Поліссі, найбільше забрудненому регіоні внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

Третьою за рівнем критичності є продукція рослинництва. Відносно невелика її кількість пояснюється тим, що частіше аналізується овочева продукція і картопля, що не відрізняються високою потенційною здатністю до накопичення  $^{137}\text{Cs}$ .

Отже, основним джерелом внутрішнього опромінення населення на сьогодні є сільськогосподарська продукція, що виробляється для харчових потреб на радіоактивно забрудненій території, а відтак саме організація ведення агропромислового виробництва в цих умовах визначатиме ступінь радіаційної безпеки України.

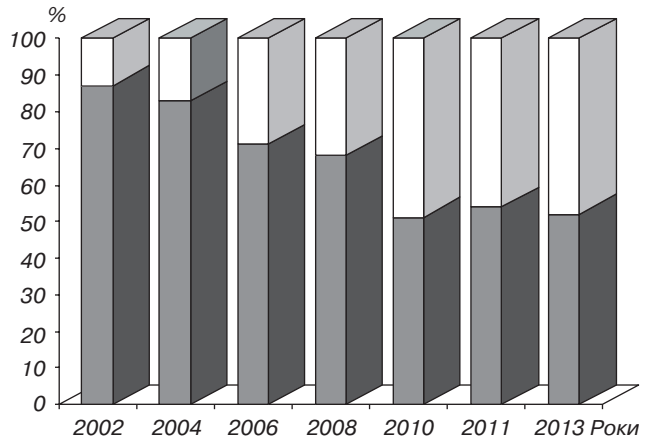
Проте останнім часом спостерігається тенденція до збільшення кількості забрудненої продукції, що заготовляється населенням у лісах. Так за даними, наведеними на рисунку 3, видно, що за останні 10 років її частка в загальній структурі радіоактивно забрудненої продукції збільшилася більш ніж удвічі (з 13 до 48% відповідно).

Така тенденція дає підстави припустити, що з часом саме лісова продукція за ступенем радіаційної критичності стане основним джерелом подальшого тривалого опромінення населення. Відбувається це не через збільшення у її складі радіонукліда, а внаслідок зменшення у раціоні населення частки сільськогосподарської продукції. Вплинути на накопичення радіонуклідів у лісовій продукції доволі проблематично. Окрім того, процеси природного очищення лісових екосистем відбуваються набагато повільніше, ніж земель

сільськогосподарського призначення. Тому найбільш ефективним і пріоритетним заходом, спрямованим на зменшення дози опромінення населення, є забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції, що гарантовано відповідатиме чинним гігієнічним нормативам.

Саме в агропромисловому виробництві можливе ефективне застосування широкого спектра протирадіаційних заходів. Слід зауважити, що після того як в Україні державне фінансування протирадіаційних заходів у сільськогосподарському виробництві було частково, а потім і повністю припинене, співвідношення між двома видами критичної в радіаційному аспекті продукції стабілізувалося. Це обумовлено тим, що на пізніх етапах розвитку радіаційної ситуації процеси «старіння»  $^{137}\text{Cs}$ , його фіксація глинистими мінералами ґрунтово-поглинаючого комплексу значно сповільнилися. Тому подальше ефективне поліпшення радіаційної ситуації можливе за умови вжиття комплексу ґрунтово-агрохімічних організаційних заходів.

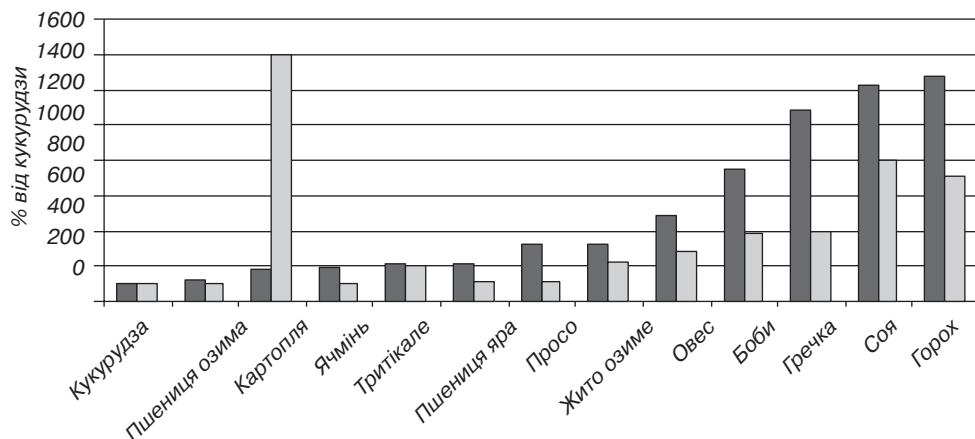
Для вдосконалення організаційних заходів з реабілітації і використання радіоактивно забруднених земель Полісся, нами розроблено їх агроекологічне групування (табл. 1).



**Рис. 3.** Динаміка структури найкритичнішої щодо радіоактивного забруднення продукції: □ — лісова продукція (гриби, ягоди тощо); ■ — сільськогосподарська продукція

**Агроекологічне групування радіоактивно забруднених земель Полісся**

№ групи	Назви груп і їх розподіл на підгрупи за щільністю, Кі/км <sup>2</sup>	Склад груп за ґрунтовими відмінами та їх використання залежно від щільності забруднення радіонуклідами
I	Землі придатні під всі районовані культури	Дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі неоглеєні, глеюваті, поверхнево оглеєні супіщані та легкосуглинкові і глинисто-піщані на супіщаних відкладах, а також осушені ґрунти з функціонуючою осушувальною мережею
I а	до 5	Використовуються так само, як незабруднені землі
I б	5–10	Бобові культури висіваються і використовуються лише для початкової стадії відгодівлі тварин
I в	10–15	Бобові культури висіваються на сидерат, картопля — для технічних цілей, льон — на насіння
I г	більше 15	Виводяться з інтенсивного обробітку під дезактивацію з подальшим використанням для вирощування багаторічних трав на насіння
II	Землі, придатні під культури суцільного посіву	Дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі розташовані на схилах 3–5°
II а	до 5	Використовуються так само, як і незабруднені землі
II б	5–10	Так само, як для групи I б
II в	10–15	Так само, як для групи I в
II г	більше 15	Так само, як для групи I г
III	Землі схилів, що потребують залуження	Сірі та ясно-сірі ґрунти, розташовані на схилах більше 5°
III а	до 5	Використовуються так само, як і незабруднені землі
III б	5–10	У структурі травосумішок бобові трави займають не більше 10%
III в	10–15	Бобові трави вирощуються тільки на насіння
III г	більше 15	Бобові і злакові трави вирощуються тільки на насіння
IV	Землі сінокісного призначення	Дерново-підзолисті глейові і сильно глейові, дернові глейові, лучні, торфоболотні
IV а	до 5	Використовуються так само, як і незабруднені землі
IV б	5–10	На мінеральних ґрунтах необхідно вживати заходи з їх поверхневого поліпшення, на органогенних — для комплексного
IV в	10–15	На мінеральних ґрунтах необхідно вживати заходи з їх комплексного поліпшення для виробництва кормів для всіх груп тварин, на органогенних — лише на початковій стадії відгодівлі
IV г	більше 15	Відводяться під дезактивацію з подальшим вирощуванням трав на насіння
V	Землі пасовищного призначення	Дерново-підзолисті піщані і глинисто-піщані на пісках, дерново-підзолисті малорозвинені підстелені масивно-кристалічними породами
V а	до 5	Використовуються так само, як незабруднені землі
V б	5–10	Потребують вжиття заходів з їх поверхневого поліпшення
V в	10–15	Потребують комплексних заходів з їх поліпшення
V г	більше 15	Виводяться з пасовища під дезактивацію
VI	Землі лісогосподарського призначення	Дерново-приховано-підзолисті, дерново-підзолисті слабозвинені сильно кам'янисті



**Рис. 4.** Потенційна здатність польових культур накопичувати  $^{137}\text{Cs}$  і потоки радіонукліда з урожаєм, частка порівняно з зерном кукурудзи: ■ — накопичення  $^{137}\text{Cs}$ ; □ — потоки  $^{137}\text{Cs}$

В основі сучасних підходів до визначення радіаційно-екологічних аспектів вжиття протирадіаційних заходів у віддалений період після Чорнобильської катастрофи мають бути враховані не лише заходи, спрямовані на зменшення індивідуальної ефективної дози опромінення населення завдяки виробництву гарантовано радіо-екологічно безпечної продукції для харчових потреб, але й колективної для визначених груп населення. З огляду на те, що у пізній період розвитку радіаційної ситуації найвагомим джерелом опромінення населення є сільськогосподарська продукція, вироблена на радіоактивно забруднених територіях, слід звертати увагу не лише на потенційну здатність сільськогосподарських рослин накопичувати радіонукліди, але й на інтенсивність потоків радіонуклідів з урожаєм. Саме цей показник визначає колективну дозу опромінення, а відтак і вірогідність виникнення стохастичних ефектів опромінення у населення [14].

Однак потенційна здатність сільськогосподарських культур до накопичення  $^{137}\text{Cs}$  та інтенсивність потоків радіонукліда з урожаєм не завжди позитивно корелюють між собою (рис. 4.).

Найменшим накопиченням  $^{137}\text{Cs}$  відрізняються зернові злакові культури. Мінімальним уміст радіонукліда в межах цієї групи спостерігається в зерні кукурудзи.

Накопичення  $^{137}\text{Cs}$  зерном пшениці озимої на 56% більше, а перехід радіонукліда в зерно жита — в 3,5 раза вищий, ніж у зерно кукурудзи. Але максимальний уміст  $^{137}\text{Cs}$  у межах цієї групи культур є характерним для зерна вівса, уміст радіонукліда в якому був у 5 разів вищий, ніж у зерні кукурудзи.

До групи культур з потенційно невисокою здатністю до накопичення  $^{137}\text{Cs}$  відноситься і картопля. Коефіцієнт переходу радіонукліда в бульби рослини займає проміжне місце між пшеницею озимою і ячменем, але на 71% вищий, ніж у зерно кукурудзи.

Максимальне накопичення  $^{137}\text{Cs}$  є характерне для групи зернових бобових культур. Так, уміст радіонукліда в зерні бобів у межах цієї групи культур є мінімальним, а в зерні гороху — максимальним.

Мінімальний потік  $^{137}\text{Cs}$  з урожаєм товарної продукції також формують кукурудза, просо, пшениця озима і ячмінь. Дещо вищим цей показник є для пшениці ярої, тритікале і жита озимого. Але максимальний потік  $^{137}\text{Cs}$  властивий для картоплі, де він більше ніж у 10 разів був вищим, ніж для зерна кукурудзи, проса, пшениці озимої і ячменю.

Таку закономірність обумовлено тим, що за відносно невисокої потенційної здатності до накопичення  $^{137}\text{Cs}$  (на рівні зерно-

вих злакових культур) урожайність бульб картоплі є набагато більшою.

### ВИСНОВКИ

Отже слід наголосити, що радіаційно-екологічні аспекти реабілітації радіоактивно забруднених земель у віддалений період після Чорнобильської катастрофи мають диференціюватися залежно від типу ґрунту, його радіоекологічної критичності; кінцевим підсумком має стати як досягнення раціонального використання забруднених земель, так і запобігання їх деградації, а також зменшення індивідуальної ефективної і колективної дози опромінення для визначених груп населення завдяки мінімізації інтенсивності потоків  $^{137}\text{Cs}$  з урожаєм.

У загальній структурі радіоактивно забрудненої продукції спостерігається тенденція до збільшення групи продукції лісового походження (гриби, ягоди, дичина тощо). Проте сільськогосподарська продукція, зокрема молоко, що виробляється в особистих підсобних господарствах населення, також потребує перегляду щодо визначення радіаційно-екологічних аспектів планування і впровадження протирадіаційних заходів у віддалений період після Чорнобильської катастрофи.

Раціональне використання радіоактивно забруднених земель повинно здійснюватися відповідно до агроекологічного групування земель з урахуванням генетичних властивостей ґрунтів, щільності забруднення радіонуклідами, інтенсивності їх міграції в системі «ґрунт – рослина» і біологічних особливостей вирощуваних сільськогосподарських культур.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Норми радіаційної безпеки України (доповнення): Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000) [Електронний ресурс] / Постанова України № 116 від 12.07.2000 р. — Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0116488-00>
2. Визначення критичності агропродукції в землеробстві радіоактивно забруднених регіонів / С.Ю. Булигін, О.І. Фурдичко, О.І. Бондар, О.І. Ду-

- тов // Вісник аграрної науки. — 2013. — № 1. — С. 55–58.
3. *Дутов О.І.* Радіаційно-екологічні аспекти використання ґрунтів, забруднених радіонуклідами / О.І. Дутов, М.М. Єрмолаєв // Вісник аграрної науки. — 2013. — № 2. — С. 51–54.
  4. *Кашпаров В.А.* Эффективность контрмер в населенных пунктах Украины после аварии на ЧАЭС / В.А. Кашпаров, Н.М. Лазарев, О.Н. Перевозников // *Агрехимический вестник*. — 2008. — № 2. — С. 25–27.
  5. *Дутов О.І.* Сучасні підходи до раціонального використання радіоактивно забруднених земель (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС) / О.І. Дутов // *Агрохімія і ґрунтознавство*. — 2012. — Вип. 77. — С. 38–43.
  6. Радиологическая обстановка в Украине после Чернобыльской аварии и оптимизация применения контрмер на современном этапе / В.А. Кашпаров, В.И. Йощенко, Ю.О. Бондарь, Э.С. Танкач // *Радиационная гигиена*. — 2009. — Т. 2, №1. — С. 15–19.
  7. Актуальные проблемы и задачи научного сопровождения производства сельскохозяйственной продукции в зоне радиоактивного загрязнения Чернобыльской АЭС / М.В. Зубец, Б.С. Пристер, Р.М. Алексахин и др. // *Агроекологічний журнал*. — 2011. — № 1. — С. 5–20.
  8. Щодо програми безпечного ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської катастрофи / С.Ю. Булигін, Б.С. Пристер, О.І. Фурдичко, О.І. Дутов // *Вісник аграрної науки*. — 2012. — № 5. — С. 53–57.
  9. *Дутов О.І.* Інноваційні підходи до застосування агротехнічних заходів на забрудненій радіоактивними речовинами території / О.І. Дутов // *Агроекологічний журнал*. — 2014. — № 2. — С. 28–32.
  10. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології. — К., 1992. — 136 с.
  11. *Пристер Б.С.* Способ комплексной оценки свойств почвы для прогнозирования накопления радионуклидов растениями / Б.С. Пристер, Г. Бизольд, Ж. Девиль-Ковелин // *Радиационная биология. Радиоэкология*. — 2003. — Т. 43. — № 6. — С. 688–696.
  12. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006). Гігієнічний норматив: ГН 6.6.1.1-130-2006. — К. 2006. — 45 с.
  13. *Ярмоленко С.Л.* Радиобиология человека и животных / С.Л. Ярмоленко. — М.: Высш. школа, 1988. — 424 с.
  14. Радиационная и ядерная медицина: Физические и химические аспекты / за ред. Э.М. Бекман, О.А. Полонской-Буслаевой. — 2012. — 400 с.