

**АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І ПРОБЛЕМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ
РАДІОЕКОЛОГІЇ ЧЕРЕЗ ЧВЕРТЬ СТОЛІТТЯ ПІСЛЯ АВАРІЇ
НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС**

Розглянуто завдання, що стоять перед сільськогосподарською радіоекологією на теперішній час – через 25 років після аварії на Чорнобильській АЕС. Проаналізовано наукові, організаційні, економічні та інші проблеми, що виникають у процесі їх вирішення.

Постановка проблеми

Аварія на Чорнобильській АЕС трапилася у зоні розвинутого аграрного виробництва. І одним з найтяжких її наслідків стало радіоактивне забруднення сільськогосподарських угідь. Саме тому аварія з усіма підставами була названа сільськогосподарською катастрофою [1]. Проте, не перекривши рутинних завдань сільськогосподарської радіоекології, пов'язаних з оцінкою концентрацій природних і штучних радіонуклідів в об'єктах сільського господарства, вивченням шляхів їх міграції сільськогосподарськими трофічними ланцюгами, впливом дії їх іонізуючих випромінювань на сільськогосподарські рослини, тварин і агроценози, аварія висунула нові завдання, що зумовлені специфічними особливостями радіонуклідного забруднення великих територій.

Аналіз останніх досліджень та завдання досліджень

З роками після аварії акценти у вирішенні окремих завдань зміщуються, виникають нові завдання і проблем. Натепер – через чверть століття – головними завданнями сільськогосподарської радіоекології слід вважати такі:

1. Подальший систематичний радіаційний моніторинг сільськогосподарських угідь щодо забруднення довгоживучими штучними радіонуклідами ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu і ^{241}Am з метою розробки рекомендацій для раціонального їх використання у різних напрямках аграрного виробництва з урахуванням специфіки ґрунтово-кліматичних умов регіону, реабілітації та повернення деяких з них у господарче використання.

2. Вивчення особливостей міграції цих радіонуклідів в об'єктах сільського господарства, закономірностей їх надходження, транспортування, розподілу і перерозподілу в агроценозах з метою прогнозування радіонуклідного забруднення продукції рослинництва і тваринництва в наступному.

3. Дослідження впливу інших антропогенних чинників, що привносяться в агросистеми хімічні меліоранти, добрива, пестициди та інші фізіологічно активні сполуки, важкі метали, кислотні дощі тощо, на перехід радіонуклідів у сільськогосподарські рослини і організм тварин та розробка заходів щодо зменшення їх вмісту в продукції рослинництва і тваринництва.

4. Розробка науково обґрунтованих систем ведення окремих галузей сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях, які забезпечують постійне зниження рівня радіоактивного забруднення продукції, в т.ч. на основі моделювання різноманітних ситуацій і розробки системи підтримки прийнятих рішень відносно напрямів сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення.

5. Вивчення особливостей біологічної дії іонізуючих випромінювань інкорпорованих радіонуклідів на сільськогосподарські рослини і організм сільськогосподарських тварин.

6. Оцінка ролі споживання продукції сільськогосподарського виробництва як основного джерела формування дози опромінення в умовах радіоактивного забруднення території та оптимізація вживання захисних заходів.

Потрібно визнати, що в Україні всі ці завдання з самого початку післяаварійного періоду досить успішно вирішуються науковцями і спеціалістами в галузі сільськогосподарської радіобіології, радіоекології, радіології. Систематично ретельно обстежується та аналізується ступінь забруднення сільськогосподарських угідь окремими радіонуклідами, створені і опубліковані карти забруднення за ^{137}Cs , ^{90}Sr і ^{239}Pu [2, 3], адміністративно-територіальні підрозділи сільського господарства на забруднених територіях озброєні дрібномасштабними картами-планами радіоактивного забруднення угідь за ^{137}Cs , а в окремих випадках – і за ^{90}Sr . На забруднених територіях були виявлені й означені компоненти агроценозів – роди, види, навіть сорти рослин, які мають підвищену здатність до накопичення окремих радіонуклідів. Продукція рослинництва, а, особливо, тваринництва піддається радіологічному контролю і за необхідністю вибиракується.

Результати досліджень

При вивченні особливостей міграції радіонуклідів виділені окремі трофічні ланцюги, що характеризуються високою швидкістю міграції: торфоболотні ґрунти–рослини, ґрунти–лучні рослини. Оцінені коефіцієнти накопичення і переходу окремих радіонуклідів для різних типів ґрунтів і видів сільськогосподарських рослин. Були сформульовані науково-організаційні основи ведення окремих галузей аграрного виробництва в умовах радіоактивного забруднення, розроблені комплексні системи радіозахисних прийомів і засобів (так званих контрзаходів), що охопили всі напрями господарювання. Все це знайшло відображення у серії рекомендацій з ведення сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, остання редакція яких була опублікована у 2007 р. [4].

Завдяки цим заходам і, безперечно, природним реабілітаційним процесам (радіоактивному розпаду, фіксації та перерозподілу радіонуклідів у ґрунті), радіаційна ситуація у сільськогосподарській сфері України суттєво поліпшилася. У теперішній час на переважаючій більшості територій України, де ведеться сільськогосподарське виробництво, вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs не перевищує встановлені Державні гігієнічні нормативи (ДР-2006) [5]. Проте, не дивлячись на очевидні досягнення, залишається багато проблем з перевищенням їх вмісту в продукції, що виробляється в особистих підсобних і дрібних фермерських господарствах. А тут виробляється практично вся – до 80–90 % – дозоутворююча продукція: молоко, м'ясо, картопля, овочі.

Натепер в Україні залишається 10–20 сіл, де питома активність ^{137}Cs в молоці і м'ясі постійно перевищує ДР-2006 (100 і 200 Бк/кг відповідно) у 3–10 разів, і до 100 населених пунктів, у яких середній рівень забруднення молока може їх перевищувати. Разом з цим, на півночі Рівненської області є випадки перевищення ДР-2006 за ^{137}Cs в овочах (40 Бк/кг) і картоплі (60 Бк/кг), що вирощувалася на торф'яниках. Так, наприклад, у с. Єльне, де щільність забруднення території складає близько 100 кБк/м², питома активність радіонукліду у 2010 р. у картоплі сягала 270 Бк/кг, буряках столових – 70 і моркві – 90 Бк/кг. Вміст ^{137}Cs у сухих грибах, зібраних в околицях села, сягав 40 кБк/кг за допустимого рівня 2,5 кБк/кг.

Виробництво продуктів харчування й опромінення навіть невеликих осередків населення вище за гігієнічні нормативи через 25 років після аварії є неприпустимим. Найбільш дешевим, ефективним і доступним способом зменшення переходу ^{137}Cs з кормів до організму тварин є використання фероцину. Його застосування лише у кількості 5 г на корову на добу протягом періоду лактації 300 днів (1,5 кг у рік на тварину) дозволяє зменшити питому активність радіонукліду у 3–5 разів, що гарантує зниження паспортних середньорічних ефективних доз опромінення людини нижче 1 мЗв/рік в усіх населених пунктах зони добровільного гарантованого відселення. На превеликий жаль, через низку причин, серед яких першою можна назвати економічну, дотепер реалізувати цей прийом не вдається.

Питома активність ^{90}Sr в сільськогосподарській продукції на всій території країни за межами зони відчуження у теперішній час відповідає вимогам ДР-2006 і не викликає занепокоєння. Виняток складає лише продовольче зерно, що отримується на бідних дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтах північної частини Іванівського району Київської області на території зони добровільного гарантованого відселення. Тут питома активність ^{90}Sr в зерні перевищує ДР-2006 щодо забруднення харчового зерна, який складає 20 Бк/кг, удвічі. Це є наслідком недостатньої реалізації контрзаходів. Адже останній раз вапнування кислих ґрунтів тут проводилося у 2006 р. на площі лише 295 га при потребі більш ніж для 7 тис. га. У 2008 р. у господарствах району практично не вносили органічні добрива, а мінеральні вносили на 63 % засіяних площ і в кількостях лише у 17 % від потреби. Хоча добре відомо, що вапнування кислих

ґрунтів і внесення фосфорних добрив у підвищених нормах на таких ґрунтах дозволяє знизити накопичення ^{90}Sr в продукції, в т. ч. і зерні, у 2–4 рази [6, 7, 8]. Саме це стало причиною збільшення його вмісту в зерні урожаю 2009 р., порівняно з попередніми роками, коли агрохімічні радіозахисні заходи проводилися у більших обсягах.

Досвід ліквідації наслідків аварії в Україні, Білорусі та Росії свідчить про те, що натеper у віддалений період з урахуванням радіологічної, економічної і соціальної прийнятності залишаються найбільш ефективними контрзаходи, спрямовані на зменшення радіонуклідного забруднення місцевих продуктів харчування. Перелік актуальних на цей час захисних заходів наведений в таблиці 1. Для захисних заходів кратність зниження застосовується щодо рівня забруднення продуктів харчування, для дезактивації – до зниження зовнішнього опромінення населення. Ступінь прийнятності заходу населенням і керівними органами зростає від 0 до 1.

Апробація алгоритму спеціальної програми МАГАТЕ, яка була проведена у тестових населених пунктах України, Білорусі та Росії, була оцінена на практиці і продемонстрована ефективність цих контрзаходів навіть через 20–25 років після аварії. Так за рахунок застосування фероцину і докорінного покращення луків для випасу молочних корів внутрішня середньорічна ефективна доза опромінення населення в середньому зменшується у 2–4 рази.

Таблиця 1. Кратність зниження вмісту радіонуклідів, період дії, вартість і ступінь прийнятності захисних заходів [9]

Захисний захід	Кратність зниження	Час дії, рік	Витрати, євро на рік	Ступінь прийнятності
Докорінне покращання луків і пасовищ	1,7–8*	4–7	350–2350* на корову	1
Застосування фероцину для корів	3 для молока і 2 для м'яса	у міру застосування	30–60 на корову	0,75
Чистий корм для свиней перед забоєм	3	у міру застосування	6–20 на мешканця	0,6
Мінеральні добрива під картоплю	2	1	0,8–2,5 на мешканця	1
Інформаційна компанія про забруднення і кулінарну обробку грибів та ягід	1,5	2	3 на мешканця	0,5
Дезактивація території	1,5	необмежено	525 на мешканця	0,1

Примітка: * – залежить від типу ґрунту, попереднього застосування заходу, наявності чи відсутності дренажу

Проте реалізація радіозахисних агрохімічних прийомів в рослинництві і кормовиробництві породжує нову проблему. Добре відомо, що Полісся належить до біогеохімічної провінції, в ґрунтах якої і, відповідно, рослинах, традиційно не вистачає багатьох біологічно важливих мікроелементів, зокрема йоду, цинку, кобальту, фтору, міді, марганцю. Це зумовлює прояв специфічних ензоотичних захворювань рослин, тварин і людини, відомих під загальною назвою гіпомікроелементозів [10]. Такі заходи, як вапнування ґрунту, внесення підвищених норм фосфорних добрив призводить до зв'язування мікроелементів, переходу їх у важкодоступний для рослин стан, зрештою посилюючи цей дефіцит і загострюючи ситуацію зі станом здоров'я тварин і людини. Правда, в останні 10–15 років у зв'язку з багатократним зменшенням в Україні обсягів вапнування і внесення добрив, проблема загострення дефіциту мікроелементів нібито вирішується сама по собі. Але з більшою гостротою виникає проблема радіонуклідного забруднення сільськогосподарської продукції.

Дуже актуальним завданням сільськогосподарської радіоекології і, мабуть, сільськогосподарської науки в цілому, є реабілітація територій, виведених з господарчого користування після аварії на Чорнобильській АЕС. Питання повернення до традиційного господарчого, в т. ч. сільськогосподарського, використання території зони відчуження у теперішній час не розглядається. Це пов'язане з тим, що ця територія має певний статус через розташування на ній таких радіаційно-небезпечних об'єктів, як розруйнований 4-ий блок АЕС, багаточисельні пункти захоронення радіоактивних відходів, підприємства з їх переробки, сховища відпрацьованого ядерного палива, зрештою – високозабруднені радіонуклідами ділянки.

Що стосується зони безумовного (обов'язкового) відселення, то, за станом на 2006 р., перевищення забруднення за ^{137}Cs більше 555 kBк/м^2 спостерігалось лише на 20 % її території [11], і деякі ділянки вже використовуються у сільськогосподарському виробництві для вирощування технічних культур, випасу худоби, під сіножаті, ставки для розведення риби. У теперішній час ці землі потребують реабілітації та повернення у господарче користування [12].

На 2008 р. в Україні було повернено для такого використання близько 6 тис. га раніше виведених з господарчого використання земель [7]. Повертання таких територій утруднене внаслідок таких обставин:

1. На виведених територіях після евакуації населення повністю була ліквідована або деградована інфраструктура (будівлі, дороги, електропостачання, меліоративні системи та інше).

2. На виведених з сільськогосподарського використання угіддях за 25 років відбулося заліснення, заболочування, деградація ґрунтової родючості.

3. Після реорганізації сільськогосподарського виробництва в останні 20 років у зв'язку з переходом до ринкової економіки в країні поки відсутня економічна і соціальна потреба у масштабному використанні цих земель.

4. Через упередженість і непрофесіоналізм засобів масової інформації відносно проблем, пов'язаних з аварією на Чорнобильській АЕС, громадська думка у теперішній час насторожено відноситься до спроб використання забруднених радіонуклідами територій для виробництва будь-якої споживчої продукції.

5. Зрештою, в Україні відсутній простий правовий механізм законодавчої зміни кордонів зон забруднених радіонуклідами територій.

Реабілітація забруднених радіонуклідами територій, тимчасово виведених з господарського використання, – це реалізація комплексу заходів для їх поетапного повернення у господарче користування. Вона є виправданою тільки за економічної і/чи соціальної доцільності. При цьому має бути оптимізований радіаційний захист людини. Розглядають часткову і повну реабілітацію таких територій.

Часткова реабілітація – це комплекс заходів, що дозволяє ведення окремих видів господарчої діяльності, окремих галузей сільського господарства протягом певного часу при обов'язковому дотриманні норм радіаційної безпеки і допустимих рівнів радіоактивного забруднення продукції.

Повна реабілітація – це комплекс заходів, що призводить до зняття радіологічних обмежень на землекористування, проживання населення і будь-які форми його діяльності.

При реабілітації виведених земель для сільськогосподарського виробництва пріоритет надається територіям, що межують з використовуваними угіддями та мають меншу щільність забруднення і високу родючість. Використання контрзаходів є головним засобом, який дозволяє скоротити час введення відчужених територій у господарче використання, розширити його масштаби і напрям. При плануванні реабілітації території має бути забезпечена максимальна ефективність радіозахисних заходів на основі принципу оптимізації їх застосування за радіологічними, економічними, соціальними та іншими критеріями.

Найбільш рентабельним господарчим використанням виведених земель є виробництво з найменшими початковими капіталовкладеннями на спеціальні контрзаходи. Наприклад, це може бути відгодівля молодняка м'ясної великої рогатої худоби і коней на природних кормових угіддях, розведення риби у непроточних водоймах, створення лісонасаджень і виробництво біоенергоресурсів.

Хоча актуальною є і проблема отримання на забруднених радіонуклідами територіях «чистих» продуктів харчування. Відповідно до рішення 62-ої сесії Генеральної Асамблеї ООН від 12 листопада 2007 р., третє десятиліття після аварії на Чорнобильській АЕС (2006–2016 рр.) проголошено «Десятиліттям реабілітації і стійкого розвитку регіонів, що постраждали, здійснення котрого

має бути спрямоване на досягнення цілі повернення постраждалих громад до нормального життя по можливості у ці ж строки».

Завдяки застосуванню контрзаходів у сільському господарстві дозові навантаження на населення за перші 15 років після аварії були знижені удвічі, що офіційно біло визнано МАГАТЕ. Проте, починаючи з 2000 р., обсяги проведення контрзаходів у сільськогосподарському виробництві України суттєво зменшилися і суттєво не впливають на покращання радіологічної обстановки [12]. На ці цілі у 2006–2008 рр. відпускалося з бюджету України лише близько 8 млн. грн. на рік, що значно нижче за потреби і складало десятку частку відсотка від щорічних коштів, що витрачалися на подолання наслідків аварії. А протягом 2009–2010 рр. захисні заходи зі зменшення радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції з державного бюджету зовсім не фінансувалися. При цьому бюджетом було передбачено 742,5 млн. грн. у 2009 р. і 814,5 млн. грн. у 2010 як «Щомісячна грошова допомога в зв'язку з обмеженням споживання місцевих продуктів харчування і компенсації за пільгове забезпечення продуктами харчування громадян, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи».

Тут слід зазначити, що вартість продукції, яка виробляється в Україні щорічно і в якій вміст радіонуклідів перевищує ДР-2006, складає приблизно 200 млн. грн. Це у десятки разів перевищує вартість захисних заходів, спрямованих на вирішення цієї проблеми.

Елементарні розрахунки свідчать, що для отримання у теперішній час продукції рослинництва і тваринництва, яка відповідає Державним гігієнічним нормативам (за винятком зони відчуження і зони безумовного відселення), необхідно:

- менше 10 млн. грн. для зниження вмісту ^{137}Cs в молоці корів у 146 населених пунктах Рівненської, Житомирської та Волинської областей за рахунок щорічного використання 38 т фероцину;

- менше 0,1 млн. грн. для зниження вмісту ^{137}Cs в овочах і картоплі на 50 га торф'яників Рокитнівського і Дубровицького районів Рівненської області за рахунок вапнування ґрунтів (раз на 5 років) і внесення мінеральних добрив (щорічно);

- менше 2,5 млн. грн. для зниження вмісту ^{90}Sr у продовольчому зерні зони добровільного гарантованого відселення Іванківського району шляхом вапнування ґрунтів (раз на 5 років) і внесення мінеральних добрив (щорічно) на площі близько 2 тис. га.

Проведення цих захисних заходів у сільськогосподарському виробництві на забруднених радіонуклідами території України, вартість яких не перевищує 15 млн. грн. на рік, дозволить вже тепер виробляти всюди сільськогосподарську продукцію, вміст радіонуклідів у якій буде відповідати ДР-2006. У результаті цього вдасться знизити середньорічні ефективні дози опромінення населення в

усіх населених пунктах за межами зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення нижче допустимого рівня 1 мЗв/рік.

Певні проблеми і завдання виникають при довгостроковому прогнозуванні поведінки радіонуклідів в агроценозах. Не дивлячись на те, що основні шляхи міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами досить добре вивчені, залежно від типу ґрунту, щільності забруднення, виду радіонуклідів, хімічної форми сполук, до складу яких вони входять, біологічних особливостей рослин, кліматичних умов, швидкість пересування радіоактивних речовин, особливо на початкових етапах цих ланцюгів, може різнитися в багато разів. Тому важливим напрямом радіоекологічних досліджень стає моделювання різноманітних радіаційних ситуацій в біоценозах із застосуванням комп'ютерної техніки. Такі підходи і методи моделювання руху радіонуклідів в об'єктах сільськогосподарського виробництва дають можливість прогнозувати рівні їх накопичення в продукції рослинництва, отже, кормовиробництва, тваринництва, продуктах харчування людини. Це дуже важливо у плані реалізації радіозахисних заходів і реабілітації сільськогосподарських угідь, які були виведені із землекористування внаслідок високого ступеня забруднення, а також систем ведення окремих сфер виробництва в умовах радіоактивного забруднення території.

Висновки

1. Слід визнати, що точність такого прогнозування за допомогою усіх методів і підходів не можна вважати достатньо високою. Серед об'єктивних причин основними є особливості клімату, погодних умов року, сезону. Зокрема, залежно від кількості атмосферних опадів, температури протягом вегетаційного періоду ступінь переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини може суттєво змінюватися. Саме тому точність прогнозу поведінки радіонуклідів в агроценозах, як і в інших угрупованнях, значною мірою визначається точністю погодно-кліматичного прогнозу.

2. Певні проблеми виникають при розгляді можливої дії на рослини агроценозів і сільськогосподарських тварин низьких («малих») доз хронічного опромінення інкорпорованих радіонуклідів, що формується місяцями, роками. Це питання також є предметом розгляду радіоекології. Є всі підстави стверджувати, що у 1986 р. спостерігалася радіаційна стимуляція багатьох біологічних процесів. Так суттєві прибавки врожаю зернових, зернобобових, овочевих культур спостерігалися в Білорусі [13], Україні [14], Угорщині [15]. Хоча розрахунки свідчать про те, що в деяких регіонах дози, отримані лише за рахунок зовнішнього опромінення, дійсно зіставні зі стимулюючими. Надзвичайно сприятливі погодні умови 1986 р. дозволяють пояснити прибавки врожаю й іншими причинами.

3. Дію іонізуючої радіації, як потенційного чинника прискорення росту і розвитку рослин, в умовах, що склалися на забруднених радіонуклідами

територіях, ігнорувати не можна. Тим більше, що стимулюючі ефекти можуть торкатися не тільки культурних рослин, але й бур'янів. І в умовах агроценозів між рослинами, що розрізняються за радіочутливістю, можуть складатися досить незвичайні взаємовідносини. Зокрема, не впливаючи на культурні рослини чи навіть пригнічуючи їх ріст і розвиток, малі дози іонізуючих випромінювань можуть стимулювати розвиток бур'янів, що, як правило, мають значно більшу радіостійкість.

4. Проблема радіаційної безпеки не є прямим завданням сільськогосподарської радіоекології, хоча все ж таки кінцевою метою, що об'єднує її з радіобіологією, радіаційною медициною, радіаційною гігієною можна вважати забезпечення радіаційного захисту населення. Оцінка дози внутрішнього опромінення людини, котре у теперішній час на забруднених радіонуклідами територіях досягає 90 % загальної дози, передбачає отримання інформації про перехід радіонуклідів до людини з продуктами харчування саме сільськогосподарськими трофічними ланцюгами. У підсумку, захист людини від іонізуючої радіації також стає завданням радіоекології. Адже від реалізації радіозахисних заходів в агропромисловому виробництві залежить виробництво продуктів харчування з мінімальним вмістом у них радіоактивних речовин. Таким чином, на сільське господарство фактично покладається відповідальність за радіаційну безпеку населення країни. Ось чому вирішення проблем, що стоять перед сільськогосподарською радіоекологією, слід вважати актуальним напрямом сільськогосподарської науки, теоретичної та прикладної екології, в усякому разі на теперішній час.

Література

1. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры *Р.М. Алексахин, Л.А. Булдаков, В.А. Губанов* и др.. – М. : ИзДАТ, 2001. – 752 с.
2. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє : нац. доп. України. – К. : Атіка, 2006. – 224 с.
3. 15 років Чорнобильської катастрофи. Досвід подолання : нац. доп. України. – К. : МНС, 2001. – 150 с.
4. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи у віддалений період: метод. реком. – К. : Атіка, 2007. – 196 с.
5. Державні гігієнічні нормативи: Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питної води (ДР-2006) // Офіційний вісник України – 2006 – № 29 – С. 142–150.
6. *Прістер Б.С.* Особливості ведення сільськогосподарського виробництва на територіях Полісся, забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС/ *Б.С. Прістер, І.М. Гудков, Ю.О. Тараріко* // Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства Полісся України. – К. : Алефа, 2004. – Т. 2. – С. 662–722.

7. IAEA International Atomic Energy Agency. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Environment" (EGE). – Vienna : IAEA, 2006. – 166 p.
 8. An extended critical review of twenty years of countermeasures used in agriculture after the Chernobyl accident // *Science of The Total Environment*. – 2007. – V. 383 (1). – P. 1–24. / Rural areas affected by the Chernobyl accident: Radiation exposure and remediation strategies // *Science of The Total Environment*. – 2009. – V. 408, Issue 1. – P. 14–25.
 9. *Судаков М.О.* Мікроелементози сільськогосподарських тварин / *Судаков М.О., Береза В.І., Погурський В.Г.* – К. : Урожай, 1991. – 144 с.
 10. Радіологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення / за ред. *В.І. Холоша*. – К.: Вета, 2008. – 54 с.
 11. *Кашипаров В.А.* Проблемы сельскохозяйственной радиологии в Украине на современном этапе / *В.А. Кашипаров, Н.М Лазарев, С.В. Полищук* // *Агроекол. журн.* – 2005. – № 3. – С. 31–41.
 12. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси / за ред. *В.И. Парфенова, Б.И. Якушева*. – Мн. : Наука і техніка, 1995. – 582 с.
 13. *Гудков І.М.* Радіаційне ураження рослин в зоні впливу аварії на Чорнобильській АЕС / *І.М. Гудков, Д.М. Гродзинський* // *Вісник аграр. науки*. 2001. – Спецвип. (квіт.) – С. 43–47.
 14. *Szabo A.S.* Did the radioactive contamination in Hungary due to the disaster at the Chernobyl nuclear power station had a biopositive effect on plants? / *A.S. Szabo* // *J. Radioanal. and Nucl. Chem.: Lett.* – 1987. – V. 119 № 6. – P. 503–511.
-
-