

## ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ В АГРОСФЕРІ УКРАЇНИ

В.П. Ландін, Г.М. Чоботько, М.Д. Кучма, Л.А. Райчук

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Висвітлено участь науковців Інституту агроекології і природокористування НААН у подоланні та мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи. Показано, що історія розвитку радіоекологічних досліджень в Інституті бере свій початок з перших днів після аварії на Чорнобильській АЕС. Аналіз результатів наукової діяльності співробітників установи свідчить, що за післяаварійний період колектив радіоекологів зібрав та систематизував значні обсяги інформації, яка трансформувалася в різноманітні бази даних, картографічні матеріали, математичні моделі, методичні рекомендації, регламенти, проекти нормативних документів тощо. Наведено інформацію про внесок працівників Інституту у розвиток радіоекології, відновлення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених землях та реабілітацію постраждалих від аварії на Чорнобильській АЕС територій.*

**Ключові слова:** радіоекологія, моделі міграції радіонуклідів, реабілітація постраждалих територій.

Екологічна ситуація, що склалася внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, поставила колективи науково-дослідних інститутів перед об'єктивною необхідністю розширення напрямів наукових досліджень. Тому в 1986 р. з метою поглиблення науково-дослідних робіт зі зниження забруднення продукції рослинництва радіонуклідами, а також посилення науково-методичного керівництва проектно-пошукових станцій хімізації сільського господарства з охорони угідь від забруднення окремим підрозділом відділу дослідів з добривами і агрохімічного обстеження ґрунтів Українського філіалу ЦІНАО було створено лабораторію контролю за забрудненням навколишнього природного середовища у складі 10 осіб під керівництвом канд. біол. наук. М.І. Майстренка. Саме від створення цього підрозділу і бере свій початок нинішній відділ радіоекології в агросфері Інституту агроекології і природокористування НААН.

Головним завданням у гострий період після аварії було визначення радіаційної ситуації. Це обумовило розвиток таких напрямів досліджень:

- розподіл і міграція радіонуклідів у навколишньому природному середовищі, зокрема шляхи та інтенсивність їх надходження у врожай сільськогосподарських культур і продукцію тваринництва;
- дезактивація ґрунтів та зниження надходження радіонуклідів у продукцію рослинництва;
- очищення продукції, отриманої на забрудненій території;
- генетичні наслідки радіаційного забруднення.

Для розв'язання цих проблем, насамперед, потрібно було організувати оперативний збір інформації для попередньої оцінки радіологічної ситуації на сільськогосподарських угіддях. Фактично з цього часу розпочався відлік роботи з радіаційного моніторингу сільськогосподарських угідь, які зазнали аварійного впливу. Фахівці лабораторії брали активну участь в оцінці масштабу радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, виявленні та уточненні контурів зон радіоактивного забруднення. Одним із найважливіших напрямів роботи у цей період було проведення повітряної та наземної радіаційної розвідки. Було встановлено рівні накопичення радіонуклідів у ґрунті і продукції рослинництва. Проведено

суцільне радіологічне обстеження ґрунтів сільськогосподарських угідь щодо щільності їх забруднення. Працівники підрозділу провели дослідження застосування вапняків, цеолітів та інших адсорбентів для зменшення міграції радіонуклідів у ґрунті та інтенсивності надходження їх у рослини. Результатом цієї роботи, зокрема, стало розроблення рекомендацій із ведення сільськогосподарського виробництва та використання продукції рослинництва в зоні забруднення радіонуклідами та методичних положень з прогнозування динаміки забруднення ґрунту радіонуклідами і оцінки екологічних збитків.

Після створення на базі ЦІНАО Інституту агроєкології та біотехнології в 1992 р. підрозділ було перейменовано в лабораторію моніторингу та забруднення навколишнього природного середовища у складі відділу агроєкології. У 1993 р. його очолив д-р біол. наук, проф., акад. Б.С. Прістер [1–3]. На той час відділ складався з чотирьох лабораторій (оцінки якості сільськогосподарської продукції, експериментальної екології, агроєкологічного моніторингу та науково-методичного забезпечення агроєкологічних досліджень), очолюваних вченими А.Д. Саженоком, В.О. Руденком, Є.Г. Солянеком та М.І. Майстренком. Існуючий обсяг даних з відповідної проблематики потребував ґрунтового аналізу, тому в межах відділу було створено групу агроєкологічної інформатики у складі семи осіб, з яких троє — кандидати фіз.-мат. наук. Того ж року до колективу радіоекологів приєднався канд. фіз.-мат. наук В.К. Шинкаренко.

У цей період активно здійснювалися роботи з радіоекологічного моніторингу та дозиметричного контролю населення. Радіоактивне забруднення території було проаналізовано за ландшафтним, басейновим та ландшафтним-геохімічним принципами, на основі чого складено карти радіаційного забруднення території  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{94}\text{Pu}$ . Також велися дослідження ефективності засобів хімізації для обмеження надходження радіонуклідів у рослини, зокрема у травостій та картоплю. Було роз-

роблено комплекс агрохімічних заходів для зниження рівня радіоактивного забруднення продукції сільського господарства та удосконалено систему удобрення для мінімізації накопичення радіонуклідів продукцією в зоні Полісся.

Було поглиблено вивчення впливу визначальних чинників на перехід радіонуклідів у ланцюзі «ґрунт — рослина» на рівні сівозміни, зокрема виявлено закономірності міграції  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в агроландшафтах. Підсумком цієї роботи стали побудова і удосконалення моделі переходу радіонуклідів у продукцію основних сільськогосподарських культур.

Результати наукової роботи впродовж десяти років після аварії на Чорнобильській АЕС та об'єктивна зміна радіоактивної ситуації поставили низку нових завдань у галузі міграції радіонуклідів у системі «ґрунт — рослина». Ці завдання зводились переважно до вивчення динаміки рухомості радіонуклідів залежно від рівнів зволоження і ґрунтових умов, особливостей міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами залежно від природно-кліматичних умов та розробки нових удосконалених моделей міграції радіонуклідів у агросфері з метою планування можливостей реабілітації постраждалих територій.

Тому з 1996 р. колектив радіоекологів інституту займався встановленням закономірностей міграції радіонуклідів у агробіоценозах (переважно на присадибних ділянках), у т.ч. дослідженням перерозподілу полютантів у різних типах ґрунтів і ландшафтів для довгострокових і оперативних прогнозних оцінок, встановленням кореляційних взаємозв'язків та формуванням математичних моделей міграції радіонуклідів як складової сталих агроєкосистем. Також продовжувались роботи з комплексного картування радіоактивно забруднених земель, перспективних для відновлення сільськогосподарської діяльності, з метою оцінки можливості їх реабілітації і вивчення впливу мікробіологічних препаратів, мікроелементів та регуляторів росту рослин на зменшення інтенсивності надходження радіонуклідів у рослини.

У 1998 р. в Інституті агроєкології і біотехнології УААН було створено відділення радіоекології, яке очолив д-р фіз.-мат. наук Є.К. Гаргер. До його складу увійшли лабораторія інформаційних систем із сектором Київський обласний радіоекологічний центр, лабораторія моделювання радіоекологічних процесів в екосистемах, лабораторія експериментальних досліджень процесів переносу в екосистемах, лабораторія радіохімічних та інструментальних методів аналізу та група агроєкологічного моніторингу. До колективу відділення приєдналося нове покоління творчих особистостей, серед яких д-р фіз.-мат. наук І.І. Ясковець, д-р біол. наук Ю.О. Кутлахмедов, канд. геогр. наук Т.Д. Лев, В.О. Кашпур та ін.

Пріоритетними напрями досліджень цього періоду було довгострокове прогнозування вмісту радіонуклідів у ланцюзі «грунт — рослина — тварина — сільськогосподарська продукція» та перерозподілу радіонуклідів у різних типах ґрунтів і ландшафтів для довгострокових оперативних прогнозних оцінок процесів та підтримки керівних рішень, а також розробка технологій реабілітації радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь та рекомендації з виробництва сільськогосподарської продукції, вміст радіонуклідів у якій відповідав би чинним нормативам. Екосистеми, параметри яких можуть під впливом зовнішніх чинників змінитися, і зміна яких може помітно змінити радіологічні і радіоекологічні показники (аж до перевищення допустимих рівнів), із наступним збільшенням дозових показників для певного населеного пункту, було визначено критичними в радіоекологічному сенсі. Рівень критичності цих екосистем було запропоновано визначати за такими критеріями:

- рівень радіонуклідного забруднення (визначає можливість формування забруднених радіонуклідами кормів та продуктів харчування);
- значення коефіцієнтів переходу у системі «грунт — кормові рослини» або «грунт — лісові продукти»;
- рівень забруднення сіна, м'яса та молока, яке отримують від худоби, що спо-

живає корми із відповідних кормових угідь (для оцінювання рівня критичності пасовищ та сіножатей);

- перевищення допустимих значень рівнів забруднення лісових продуктів (для оцінювання рівня критичності лісових екосистем);
- дозові навантаження для населення як інтегральний показник критичності екосистем.

Аналітична система визначення критичних екосистем передбачала кілька основних етапів аналізу чинників дозових навантажень на стан здоров'я населення регіону: встановлення фактичних раціонів харчування населення; визначення ролі та частки лісів і лісових продуктів, пасовищ та сіножатей (через забруднення молока та м'яса) і городньої продукції у формуванні дозових навантажень у населення; встановлення ролі контрзаходів у зниженні значень дози внутрішнього опромінення мешканців регіону. За результатами картування критичних екосистем Полісся було визначено прогнозні оцінки щодо оптимальної системи контрзаходів радіоекологічного напрямку як у рослинництві, так і тваринництві, що впливають на дозові навантаження та захворюваність населення.

За результатами багаторічних досліджень впродовж 1998–2000 рр. було розроблено та удосконалено комплексну модель міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами від ґрунту до людини та прогнозу дозового навантаження на населення — «Екомодель». Параметри моделі було адаптовано до ландшафтних умов північно-західної частини Українського Полісся. «Екомодель» була призначена для оцінки радіоекологічних умов проживання населення на забрудненій території та вироблення контрзаходів зі зменшення шкідливого впливу радіонуклідів на організм людини. Вона давала можливість відстежувати міграцію радіонуклідів від конкретної ділянки з певним видом рослинного покриву до людини, тоді як у вже відомих на той час моделях аналогічного призначення оперували усередненим значенням радіоактивного забруднення для

всієї території досліджуваного регіону. Отже, у цій моделі бралися до уваги конкретні умови, що визначають інтенсивність переходу радіонуклідів від ґрунту до рослин. Для врахування найважливіших потоків радіонуклідів до організму людини в «Екомоделі» було передбачено можливість моделювання міграції радіонуклідів як у стандартній агроєкосистемі, так і лісовій та водній екосистемах. На той час це була єдина модель, що давала змогу враховувати реальні ландшафтні умови проживання людини саме в Українському Поліссі та сільськогосподарську практику в цьому регіоні [4, 5]. Також у межах тематики відділення було розроблено математичну модель «Приватне господарство» та інтегровано її в «Екомодель». Радіоекологічна математична модель «Приватне господарство» описувала міграцію радіонуклідів у агроєкосистемі приватного селянського господарства (ПСГ). З її допомогою було оцінено міграцію радіонуклідів у ПСГ, у т.ч. його довгостроковий перерозподіл унаслідок діяльності людини і свійських тварин.

Колективом відділу проводилися дослідження з оцінки радіоактивного забруднення приземного шару атмосфери та вивчення закономірностей міграції радіонуклідів на зрошуваних водами р. Дніпра землях.

Отже, основними результатами цього трирічного дослідження стали: інформаційні збірники «Сучасний радіоекологічний стан території Чернігівської (Житомирської, Київської) області за період 1997–1999 рр.»; банк даних математичної, картографічної та метаінформації; радіоекологічна інформаційна система на базі ПС-технологій для прогнозу забруднення сільськогосподарської продукції і підтримки керівних рішень та автоматизована довідково-інформаційна база параметрів ґрунтів зони радіоактивного забруднення [6]; методика класифікації господарств агропромислового комплексу за рівнем їх радіоактивного забруднення; моделі землекористування, технології, карти реабілітації радіоактивно забруднених угідь та відповідні рекомендації виробництву; ма-

тематичні моделі «Екомодель» та «Приватне господарство»; проект «Регламенту моніторингу сільськогосподарської продукції колективного і приватного секторів землекористування у системі агропромислового комплексу України» тощо.

Діяльність наукового колективу радіоекологів у 2001 р. почала концентруватись, переважно, на питаннях радіоекологічного моніторингу та реабілітації радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь. Про це свідчить також перейменування одного з підрозділів Інституту в лабораторію радіоекологічного моніторингу та створення у 2004 р. сектора реабілітації забруднених земель під керівництвом канд. с.-г. наук В.В. Москальця. У наступні п'ять років проводились дослідження альтернативних підходів до реабілітації сільськогосподарських угідь в колективних і приватних господарствах [7, 8] та вдосконалення методології ведення радіоекологічного моніторингу і прогнозу довгострокового застосування контрзаходів. Було розроблено математичні моделі, що описують хід у часі об'ємних концентрацій повітряних аерозолів і сухих випадань  $^{137}\text{Cs}$  для різних населених пунктів, а також прогнози з терміном передбачення 5 років. Серед головних результатів цього періоду були такі:

- методологія систематизації та адаптації моделювальної прогнозно-аналітичної системи для розробки заходів зі зниження негативних ефектів для екосистем і населення (2003 р.);
- визначення величини ймовірності вмісту радіоактивного забруднення в продукції рослинництва на території зі статистичною неоднорідністю забруднення (Методичні рекомендації, 2004 р.) [9];
- оцінка контрзаходів, спрямованих на зниження вмісту «чорнобильського»  $^{90}\text{Sr}$  у сільськогосподарській продукції, за накопиченням стабільного стронцію природного походження (Методичні рекомендації, 2004 р.) [10];
- методика визначення критичних екосистем та їх внеску в радіаційне навантаження на населення (Методичні рекомендації, 2006 р.) [11];

- принципи та методи виявлення екологічних і генетичних наслідків під час оцінки критичних екосистем (Методичні рекомендації, 2006 р.) [12];

- концепція радіоекологічного моніторингу забруднених територій сільськогосподарського виробництва Українського Полісся;

- картосхеми критичних територій п'яти забруднених областей Українського Полісся за 2000–2001 рр.;

- картосхеми забруднення продукції у районах і господарствах території п'яти забруднених областей Українського Полісся за 2001 р.;

- база даних радіоактивного забруднення агропродукції за 1998–2002 рр.;

- регламент моніторингу сільськогосподарської продукції та продуктів харчування Волинської (Житомирської, Київської, Рівненської, Чернігівської) області на 2002–2005 рр.;

- оптимізація системи радіоекологічного моніторингу Чернігівської області (2002 р.).

У 2006 р. науковий колектив лабораторії радіоекологічного моніторингу поповнився новими спеціалістами. Кожен із них проявляв неабияку ініціативу в розбудові лабораторії, а згодом і відділу. У наступні роки колектив розширився з приходом молодих науковців, які продовжили справу попередніх поколінь. У 2007 р. лабораторію очолив канд. с.-г. наук В.В. Москалець, а в 2008 р. — д-р біол. наук, проф. Г.М. Чоботько. Того ж року штат радіоекологів поповнив д-р біол. наук, проф. В.А. Гайченко. Загалом, у лабораторії тоді працювали чотири доктори і два кандидати наук. У цей період посаду директора з наукової роботи обіймав канд. с.-г. наук М.Д. Кучма, що сприяло посиленню розвитку дослідження радіоекології лісу. У 2008 р. було розроблено рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення територій [13]. У розробці були чітко окреслені закономірності міграції  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у лісових екосистемах Українського Полісся, головних типів умов місцезростання, ін-

тенсивності акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  продукцією лісового господарства, особливостей проведення лісівницьких заходів залежно від рівня радіоактивного забруднення. Крім того, було досліджено радіоактивне забруднення компонентів лісових екосистем: компонентів деревостанів, головних ягідних і лікарських видів рослин та їстівних грибів, а також проаналізовано нормативні документи з ведення лісового господарства у радіоактивно забруднених лісах. Упродовж 2006–2010 рр. було здійснено комплексний радіоекологічний моніторинг забруднених територій, розроблено наукові засади технологій виробництва екологічно безпечної сільськогосподарської продукції на радіоактивно забруднених землях [14] і підготовлено методичні рекомендації з поліпшення радіаційної ситуації та технології виробництва екологічно безпечної продукції.

У віддалений період ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи соціально-економічні чинники за впливом на реабілітаційні процеси почали відігравати майже однакову роль поряд з радіаційним чинником. Радіоекологічна ситуація у населених пунктах забруднених територій ускладнилася внаслідок погіршення економічної ситуації. Великі сільськогосподарські підприємства, де раніше проводився повний комплекс агротехнічних контрзаходів, було ліквідовано, і основний обсяг виробництва сільськогосподарської продукції перемістився у присадибні господарства. У процесі розпаювання земель населенню були виділені бідні дерново-підзолисті і торфові ґрунти. Крім того, повне припинення проведення контрзаходів спричинило зниження рівня родючості землі і, як наслідок, підвищення коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  у рослини. Тому виникла об'єктивна потреба внесення коректив у систему реабілітаційних заходів. Всі ці чинники викликали необхідність оптимізації структури угідь на радіоактивно забруднених територіях з урахуванням міжнародних зобов'язань України щодо впровадження принципів збалансованого розвитку та забезпечення необхідних умов гармонійного поєднання обґрунтованого обмеження природо-

користування з нормативами збереження навколишнього природного середовища і екобезпеки на засадах системного узгодження діяльності усіх суб'єктів господарювання в межах певних таксонів територіального районування, що і визначило мету подальших наукових досліджень лабораторії. Впродовж 2011–2013 рр. колектив лабораторії радіоекологічного моніторингу працював над розробленням контрзаходів для різних видів господарювання в умовах радіоактивного забруднення з урахуванням сучасних тенденцій розвитку природно-господарського комплексу за нових економічних умов у єдиній системі на засадах ландшафтно-екологічного підходу [15–17]. За результатами роботи було підготовлено низку методичних рекомендацій із ведення лісового господарства та сільськогосподарського виробництва [18] на радіоактивно забруднених землях, розроблено проект Концепції загальнодержавної науково-виробничої програми ведення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно-забрудненій території, її комплексного відродження та розвитку. За співпраці з Чорнобильською комісією ПРООН було підготовлено інформаційні матеріали для населення щодо можливості використання продуктів лісу в умовах радіоактивного забруднення.

Відділ радіоекології в агросфері, як окремий структурний підрозділ Інституту агроекології і природокористування НААН, було створено у 2013 р. Нинішня назва відділу повністю відображає напрями науково-дослідних робіт, що проводять працівники його підрозділу, і є обумовленою не лише удосконаленням системи реабілітаційних заходів та визначенням пріоритетних напрямів господарської діяльності на радіоактивно забруднених територіях у контексті особливостей критичних екосистем у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС, але й стратегії розвитку екосистемних послуг із урахуванням їх економічних та соціальних аспектів. Основний напрям досліджень — комплексна оцінка радіологічного стану агроландшафтів для розроблення нау-

кових основ використання сільськогосподарських угідь, що зазнали радіоактивного забруднення [19–20]. Відділ спеціалізується на проведенні радіоекологічного моніторингу об'єктів навколишнього природного середовища, дозиметричних досліджень населення радіоактивно забруднених регіонів та на розробленні науково-методичних, організаційних засад використання і охорони екосистем радіоактивно забруднених територій, їх гармонізації з міжнародними стандартами.

У період з 2013 р. проведено зонування території Українського Полісся відповідно до класифікації агроландшафтів за виносом радіонуклідів з продукцією, розроблено стратегію розвитку екосистемних послуг і запропоновано попередній перелік показників, які враховують економічні та соціальні аспекти, властиві досліджуваному регіону. Також розроблено низку методичних рекомендацій стосовно реабілітації територій, що зазнали радіоактивного забруднення, та оптимізації структури землекористування на основі ландшафтних підходів [21] і відновлення агроекологічних функцій радіоактивно забруднених ґрунтів [22]. Для цього розроблено методичні засади, нормативну базу і сучасні методи радіоекологічного моніторингу [23]. Організовано низку тематичних конференцій, засідань та круглих столів.

## ВИСНОВКИ

За період свого існування колектив радіоекологів ІАП НААН систематизував значні обсяги інформації. Було створено фундаментальні бази даних радіоактивного забруднення складових довкілля (ґрунтів, повітря, поверхневих вод, сільськогосподарської продукції) та дозового навантаження на населення. На основі цих даних фахівці відділу склали детальні карти радіоактивного забруднення території Українського Полісся, радіологічно критичних екосистем, виносу радіонуклідів з продукцією тощо.

Було удосконалено науково-методичні засади радіаційного моніторингу і радіаційного контролю сільськогосподарської та

лісової продукції у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС, розроблено засади екологічно збалансованого відродження і розвитку господарської діяльності в агросфері радіоактивно-забруднених територій та їх наукове супроводження.

Так, у галузі землеробства і агрохімії акцент зроблено на розробці методів та способів зниження інтенсивності переходу техногенних радіонуклідів у системі «грунт – рослина». Цілеспрямовано велись дослідження лісових екосистем.

Науковці установи зробили також внесок у розвиток радіоекології тваринництва. Вивчено метаболізм радіонуклідів у організмі великої рогатої худоби, кролів та птиці, оцінено джерела і шляхи міграції радіонуклідів у ланцюзі «грунт – рослина – тварина – продукція тваринництва – людина», розроблено способи зменшення

надходження радіонуклідів у організм тварин та людини.

Отримані результати досліджень були використані під час розробки низки документів щодо організації ведення сільськогосподарського виробництва та лісового господарства на радіоактивно забруднених територіях.

Участь вчених Інституту агроєкології і природокористування НААН у ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС дала змогу виконати доволі складне і відповідальне завдання – визначити масштаби та виявити особливості радіаційного забруднення території, оцінити і спрогнозувати їх наслідки, а також допомогти організувати ведення сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення та реабілітацію постраждалих територій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Визначення критичності агропродукції в землеробстві радіоактивно забруднених регіонів / С.Ю. Булігін, О.І. Фурдичко, О.І. Бондар, О.І. Дутов // Вісник аграрної науки. – 2013. – № 1. – С. 55–58.
2. *Славова Т.В.* Внесок академіка Прістера Б.С. в становлення та розвиток сільськогосподарської радіоекології / Т.В. Славова // Історія науки на межі тисячоліть: Зб. наук. пр. – 2003. – Вип. 13. – С. 157–165.
3. *Славова Т.В.* Внесок вчених України в розвиток сільськогосподарської радіоекології після аварії на Чорнобильській АЕС (1986–2003 рр.) / Т.В. Славова // Актуальні проблеми аграрної науки та освіти України: регіональний аспект: Матеріали II Науково-практичного семінару УААН. – К., 2003. – С. 52–54.
4. *Славова Т.В.* Історичні передумови виникнення і розвитку сільськогосподарської радіоекології в Україні, як складової радіобіології / Т.В. Славова // Матеріали Другої конференції молодих вчених та спеціалістів (Київ, 27–28 травня 2004 р.) – К., 2004. – С. 196–199.
5. Результати динамічного моделювання радіоекологічної обстановки в Українському Поліссі та порівняння їх з даними вимірювань / І.І. Ясковець, В.А. Гірій, В.А. Онищук, Л.І. Шпинар // Агроєкологічний журнал. – 2001. – Вип. 2. – С. 62–67.
6. Екологічна динамічна модель для оцінки радіоекологічної ситуації / І.І. Ясковець, В.А. Гірій, В.Р. Заїтов, В.А. Онищук // Агроєкологія і біотехнологія. – 1999. – Вип. 3. – С. 25–34.
7. Создание карт ожидаемого загрязнения сельхозпродукции с использованием ГИС ArcInfo / Т.Д. Лев, Ю.В. Стефанишин, Г.А. Акинфиев и др. // II Украинская конференция «Геоинформационные системы и технологии – 1996» (Київ, 14–17 октября 1996 г.). – К., 1998. – С. 3–11.
8. *Протас Н.М.* Механизмы, контролирующие миграцию радионуклидов в системе почва – растение / Н.М. Протас, Л.И. Шпинар, И.И. Ясковец // Агроєкологічний журнал. – 2004. – № 2. – С. 67–72.
9. *Ясковець І.І.* Модель міграції радіонуклідів у системі грунт – рослина / І.І. Ясковець, Р.О. Тарасенко, Н.М. Протас // Науковий Вісник НАУ. – 2004. – Вип. 77. – С. 80–93.
10. Визначення величини ймовірності вмісту радіоактивного забруднення в рослинницькій продукції на території зі статистичними неоднорідностями забруднення: Методичні рекомендації [І.І. Ясковець, Л.А. Прокопенко, Н.М. Протас, Є.Є. Перетяк]. – К.: РПВ ПДАА, 2004. – 22 с.
11. Оцінка контрзаходів, спрямованих на зниження вмісту чорнобильського <sup>90</sup>Sr у сільськогосподарській продукції, за накопиченням стабільного стронцію природного походження: Методичні рекомендації / В.К. Шинкаренко, В.Д. Саженок, Л.Г. Щеголева та ін. – К.: ІАБ, 2004. – 29 с.
12. Методика визначення критичних екосистем і їх вкладу в радіаційне навантаження на населення: Методичні рекомендації / [І.І. Ясковець, Ю.О. Кутлахмедов, П.В. Писаренко та ін.] – К., 2006. – 39 с.

13. Принципи та методи виявлення екологічних наслідків при оцінці критичних екосистем: Методичні рекомендації / [Л.І. Ясковець, Ю.О. Кутлахмедов, П.В. Писаренко та ін.]. — К., 2006. — 39 с.
14. Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення територій / О.І. Фурдичко, М.Д. Кучма, Р.Р. Возняк та ін.; [за заг. ред. акад. УААН О.І. Фурдичка]. — К., 2008. — 104 с.
15. *Дутов О.І.* Екологічні аспекти використання сільськогосподарських угідь, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи для виробництва сільськогосподарської продукції / О.І. Дутов // *Агрохімія і ґрунтознавство*. — 2007. — Вип. 67. — С. 136–141.
16. *Дутов О.І.* Радіаційно-екологічні аспекти виробництва сільськогосподарської сировини в регіонах, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи / О.І. Дутов, Х.П. Замула // *Агроекологічний журнал*. — 2012. — № 1. — С. 35–41.
17. *Краснов В.П.* Методологічні основи реабілітації лісових екосистем забруднених радіонуклідами / В.П. Краснов, В.П. Ландін // *Збалансоване природокористування*. — 2013. — № 2–3. — С. 33–39.
18. *Ландін В.П.* Емпіричні засади методології реабілітації радіоактивно забруднених земель / В.П. Ландін // *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. — 2013. — № 23 (10). — С. 80–87.
19. Методичні рекомендації з ведення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених територіях Київського Полісся / [О.І. Фурдичко, Г.М. Чоботько, В.П. Ландін та ін.]. — К., 2012. — 36 с.
20. Щодо програми безпечного ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської катастрофи / С.Ю. Булігін, Б.С. Прістер, О.І. Фурдичко, О.І. Дутов // *Вісник аграрної науки*. — 2012. — № 5. — С. 53–57.
21. Методичні рекомендації з реабілітації територій, що зазнали радіоактивного забруднення, та оптимізації структури землекористування на основі ландшафтних підходів / [О.І. Фурдичко, О.Г. Тараріко, Г.М. Чоботько та ін.]. — К., 2013. — 37 с.
22. Методичні рекомендації щодо заходів з реабілітації критичних екосистем радіоактивно забруднених регіонів Українського Полісся / [В.П. Ландін, В.А. Проневич, М.Д. Кучма та ін.]. — К., 2015. — 30 с.
23. Методичні засади, нормативна база та сучасні методи радіоекологічного моніторингу забруднених радіоактивними речовинами територій / [І.М. Гудков, О.І. Дутов, Г.О. Хаурдінова та ін.]. — К., 2013. — 37 с.

## REFERENCES

1. Bulygin, S.Y., Furdychko, O.I., Bondar, A.I., & Dutoy, O.I. (2013). Vyznachennja krytychnosti agroprodukcii v zemlerobstvi radioaktyvno zabrudnenykh regioniv [Identification of agricultural products criticality at farming on radioactively contaminated areas]. *Visnyk agrarnoi nauky — News of agrarian science*, 1, 55–58 [in Ukrainian].
2. Slavova, T.V. (2003). Vnesok akademika Pristera B.S. v stanovlennja ta rozvytok sil'skogospodars'koi radioekologii' [Contribution of Academician Priester B.S. in agricultural radioecology formation and development]. *Istoriya nauky na mezhi tysjacholit': Zb. nauk. pr. — The history of science at the turn of the millennium: Scientific Papers*, 13, 157–165 [in Ukrainian].
3. Slavova, T.V. (2003). Vnesok vchenyh Ukraïny v rozvytok sil'skogospodars'koi radioekologii' pislja avarii' na Chornobyl's'kij AES (1986–2003 rr.) [The contribution of scientists in Ukraine in agricultural radioecology development after the Chernobyl accident (1986–2003 years.)]. *Actual problems of agricultural science and education in Ukraine: regional aspect'03: II naukovopraktychnyj seminar UAAH — 2nd Scientific Workshop of UAAS*. (pp. 52–54). Kyiv [in Ukrainian].
4. Slavova, T.V. (2004). Istorychni peredumovy vynyknennja i rozvytku sil'skogospodars'koi radioekologii' v Ukraïni, jak skladovoi radiobiologii' [Historical background of agricultural radioecology development in Ukraine as a component of radiobiology]. *II konferenciya molodyh vchenyh ta spetsialistiv (27–28 travnya 2004 roku) — 2nd Conference of Young Scientists and Specialists*. (pp. 196–199). Kyiv [in Ukrainian].
5. Yaskovets, I.I., Hyryu, V.A., Onischuk, V.A., & Shpynar, L.I. (2001). Rezul'taty dinamicheskogo modelirovaniya radioekologicheskoy obstanovki v Ukrain'skom Poles'e i sravnenie ih s dannymi izmerenij [Results of the radioecological situation dynamic modeling in Ukrainian Polesye and their comparison with measurement data]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 2, 62–67 [in Ukrainian].
6. Yaskovets, I.I., Hiriy, V.A., Zayitov, V.R., & Onischuk, V.A. (1999). Ekomodel' — dynamichna model' dlja ocinky radioekologichnoi situacii' [Ekomodel — the dynamic model for assessing the radiological situation]. *Ahroekolohiya i biotekhnolohiya — Agroecology and biotechnology*, 3, 25–34 [in Ukrainian].
7. Lev, T.D., Stefanyshyn, Y.V., Akynfyev, G.A. et al. (1998). Sozdanie kart ozhidaemogo zagryaznenija sel'hozprodukcii s ispol'zovaniem GIS ArcInfo [Creation of agricultural products expected contamination maps using GIS ArcInfo]. *Geoinformation systems and technologies — 1996 '98: II Ukrain'skaja konferenciya (14–17 oktjabrja 1996 g.) — 2nd Ukrainian Conference*. (pp. 3–11) [in Russian].
8. Protas, N.M., Shpynar, L.I., & Yaskovets, I.I. (2004). Mehanizmy kontrolirujushhie migraciju radionuklidov v sisteme pochva-rastenije [Mechanisms controlling the radionuclides migration in the soil-plant system]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 2, 67–72 [in Russian].

9. Yaskovets, I.I., Tarasenko, P.O., & Protas, N.M. (2004). Model' migracii' radionuklidiv v systemi g'runtu-roslyna [Model of radionuclide migration in soil-plant system]. *Naukovyj Visnyk NAU – Scientific News of NAU*, 77, 80–93 [in Ukrainian].
10. Yaskovets, I. I., Prokopenko, L.A., Protas, N.M., & Peretyatko, E.E. (2004). *Vyznachennja velychyny jmovirnosti vmistu radioaktyvnoho zabrudnennja v roslynnyk'kij produkcii' na terytorii' zi statystychnymy neodnorodnostjamy zabrudnennja: Metodychni rekomendacii' [Determination of the probability of the radioactive contamination amount in crop production on the territory of pollution statistical heterogeneities: guidelines]*. Kyiv: RPV PDAA [in Ukrainian].
11. Shinkarenko, V.K., Sazhenyuk, V.D., Shchegolev, L.G. et al. (2004). *Ocinka kontrzahodiv, sprjamovanyh na znyzhennja vmistu chornobyl's'kogo <sup>90</sup>Sr u sil's'kogospodars'kij produkcii', za nakopychennjam stabil'nogo stronciju pryrodnoho pohodzhennja. Metodychni rekomendacii' [Assessment of countermeasures directed to reduce the Chernobyl <sup>90</sup>Sr content in agricultural products by the accumulation of stable strontium of natural origin. Guidelines]*. Kyiv: PSA [in Ukrainian].
12. Yaskovets, I., Kutlahmedov, Y., Pisarenko, P. et al. (2006). *Metodyka vyznachennja krytychnyh ekosystem i i'h vkladu v radiacijne navantazhennja na naselennja. Metodychni rekomendacii' [Method of determining the critical ecosystems and their contribution to radiation exposure of the population: Guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
13. Yaskovets, I., Kutlahmedov, Y., Pisarenko, P. et al. (2006). *Pryncypy ta metody vyjavlennja ekolohichnyh naslidkiv pry ocinci krytychnyh ekosystem: Metodychni rekomendacii' [Principles and methods for the environmental consequences detecting when assessing the critical ecosystems: Guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
14. Furdychko, A.I., Kuchma, M.D., Wozniak, R.R. et al. (2008). *Rekomendacii' z vedennja lisovogo gospodarstva v umovah radioaktyvnoho zabrudnennja terytorij [Recommendations on forest management in conditions of radioactive contamination of territories]*. Kyiv [in Ukrainian].
15. Dutov, A.I. (2007). *Ekolohichni aspekty vykorystannja sil's'kogospodars'kyh ugid', zabrudnnyh vnaslidok Chornobyl's'koi' katastrofy dlja vyrobnyctva sil's'kogospodars'koi' produkcii' [Environmental aspects of use of contaminated by the Chernobyl disaster agricultural lands for agricultural production]. Agrohimija i g'runtoznavstvo: Mizhvidomchij tematychnyj naukovyj zbirnyk NNC «IGA im. O.N. Sokolov's'kogo» – Agricultural Chemistry and Soil Science: Interdepartmental themed scientific collection of NSC «ISSAR them. Sokolovsky O.N.»*, 67, 136–141 [in Ukrainian].
16. Dutov, A.I., & Zamula, H.P. (2012). *Radiacijno-ekolohichni aspekty vyrobnyctva sil's'kogospodars'koi' syrovyny v regionalah, zabrudnnyh vnaslidok Chornobyl's'koi' katastrofy [Radiation and environmental aspects of agricultural raw materials production in areas contaminated by the Chernobyl disaster]. Ahroekolohichnyj zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 35–41 [in Ukrainian].
17. Krasnov, V.P., & Landin, V.P. (2013). *Metodologichni osnovy rehabilitacii' lisovyh ekosystem zabrudnnyh radionuklidamy [Methodological bases of rehabilitation of forest ecosystems contaminated by radionuclides]*. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja – Balanced nature using*, 2(3), 33–39 [in Ukrainian].
18. Landin, V.P. (2013). *Empirychni zasady metodologii' rehabilitacii' radioaktyvno zabrudnnyh zemel' [Empirical principles of radioactively contaminated lands rehabilitation methodology]*. *Naukovyj visnyk Nacional'nogo lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy – Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine*, 23,10, 80–87 [in Ukrainian].
19. Furdychko, O.I., Chobotko, G.M., Landin, V.P. et al. (2012). *Metodychni rekomendacii' z vedennja sil's'kogospodars'kogo vyrobnyctva na radioaktyvno zabrudnnyh terytorijah Kyi'vs'kogo Polissja [Guidelines for conducting agricultural business at the radioactively contaminated areas of Kyiv Polissja]*. Kyiv [in Ukrainian].
20. Bulygin, S.Y., Priestler, B.S., Furdychko, O.I., & Dutov, O.I. (2012). *Shhodo programy bezpechnogo vedennja sil's'kogospodars'kogo vyrobnyctva na terytorijah, zabrudnnyh radionuklidamy vnaslidok Chornobyl's'koi' katastrofy [Regarding the program of safe agricultural production in areas contaminated with radionuclides by the Chernobyl disaster]*. *Visnyk agrarnoi' nauky – News of agrarian science*, 5, 53–57 [in Ukrainian].
21. Furdychko, O.I., Tataraka, O.H., Chobotko, G.M., Raychuk, L.A. et al. (2013). *Metodychni rekomendacii' z rehabilitacii' terytorij, shho zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennja, ta optymizacii' struktury zemlekorystuvannja na osnovi landshaftnyh pidhodiv [Guidelines for the rehabilitation of areas affected from radioactive contamination and optimize the structure of land tenure based on landscape approaches]*. Kyiv. [in Ukrainian].
22. Landin, V.P., Pronevych, V.A., Kuchma, M.D. et al. (2015). *Metodychni rekomendacii' shhodo zahodiv z rehabilitacii' krytychnyh ekosystem radioaktyvno zabrudnnyh regioniv Ukrain's'kogo Polissja [Guidelines for management of rehabilitation of critical ecosystems of Ukrainian Polissja radioactively contaminated regions]*. Kyiv [in Ukrainian].
23. Gudkov, I., Dutov, O., Haurdinova G. et al. (2013). *Metodychni zasady, normatyvna baza ta suchasni metody radioekolohichnoho monitoryngu zabrudnnyh radioaktyvnymy rechovynamey terytorij [Method principles, regulatory framework and modern methods of radioecological monitoring of territories contaminated by radioactive substances]*. Kyiv [in Ukrainian].