

## РАДІОЛОГІЧНО КРИТИЧНІ ЕКОСИСТЕМИ ТА ЇХ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ ЗАБРУДНЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Г.М. Чоботько, В.П. Ландін, І.І. Ясковець,  
Л.А. Райчук, І.К. Швиденко

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Обґрунтовано, що з'ясування критичних екосистем та закономірностей їх існування є необхідним завданням, що надає змогу визначати дозове навантаження на населення території Українського Полісся, забрудненої радіонуклідами, у віддалений період після аварії на ЧАЕС. Аналіз результатів спостережень за накопиченням радіонуклідів у різних типах ґрунтів і надходженням їх у рослини в зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС засвідчив неоднакові темпи зниження їх питомої активності. Висвітлено, що неоднорідність динаміки цього зниження обумовлено такими властивостями торфових та торфоболотних ґрунтів, як високий ступінь зволоження та перезволоження.*

**Ключові слова:** критичні екосистеми, міграція радіонуклідів, сіножаті та пасовища, коефіцієнт переходу радіонукліда.

---

Забезпечення умов коеволуції людини та біосфери потребує системного аналізу взаємодії людини та навколишнього природного середовища. Одним із пріоритетів Стратегії Державної екологічної політики України на період до 2020 р. є моніторинг стану довкілля, контроль у сфері охорони навколишнього природного середовища і забезпечення екологічної безпеки. Тому особливого значення набуває радіаційний моніторинг у аграрній сфері, що є основним джерелом одержання регулярної системно-організаційної інформації щодо просторового перерозподілу радіонуклідів, інтенсивності їх міграції трофічними ланцюгами. Адже саме споживання забрудненої сільськогосподарської продукції залишається основним джерелом надходження радіонуклідів до організму людини, що і визначає значення дози опромінення населення. Екологічні особливості умов життєдіяльності населення північних районів Полісся, його органічний зв'язок з навколишніми екосистемами (лісовими, лучними та болотними) є чинником формування

напруженої радіоекологічної ситуації, навіть за низької щільності радіонуклідного забруднення ґрунтів (дерново-підзолисті, торфоболотні) унаслідок значних коефіцієнтів переходу (КП) радіонуклідів із ґрунту в рослинницьку продукцію.

Поряд із тим трансформація соціально-економічних і трудових відносин у агропромисловому виробництві, зміни умов господарювання, радіологічної ситуації, що відбулися після Чорнобильської катастрофи, обумовлюють оптимізацію підходів та удосконалення напрямів радіаційного контролю, високого рівня його наукового забезпечення з метою підвищення ефективності, якості, узгодження та гармонізації з новими економічними та соціальними пріоритетами розвитку [1]. Головним завданням радіоекологічного моніторингу селітебних територій у регіоні Українського Полісся є виявлення критичних екосистем як джерел надходження радіонуклідів у організм людини. Основними радіонуклідами, що формують рівень радіаційної напруженості забруднених агроекосистем, наразі є  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ . Надходження їх в організм людини з продуктами харчування від-

бувається, переважно, внаслідок переходу з ґрунту в рослини і далі — в продукцію тваринництва [2].

Мета роботи — визначення радіологічно критичних екосистем та інтенсивності переходу радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію на забруднених територіях Українського Полісся.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі використовували результати власних досліджень, загальнодоступні дані національної інформаційної бази (статистичні та фондові дані), нормативні документи, електронні і друковані наукові та довідкові матеріали як вітчизняних, так і іноземних джерел, оприлюднені результати радіологічних досліджень Полісся України тощо.

Дослідження природних екосистем на радіоактивне забруднення проводили у постраждалих унаслідок аварії на ЧАЕС регіонах Українського Полісся (Волинська, Житомирська, Київська, Рівненська, Чернігівська області). Використовували стандартні методики та інструкції для відбору зразків, їх підготовки та проведення лабораторних аналізів [3, 4]. Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою Microsoft Excel 2016 та OriginPro 9.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дозове навантаження на населення території Українського Полісся зумовлено радіоекологічною ситуацією в певних екосистемах, що мають складну гідрологію, а отже, потребують особливої уваги стосовно її впливу на фізико-хімічні властивості ґрунтів і, зрештою, на міграцію радіонуклідів. Для Українського Полісся особливе значення мають природні кормові угіддя — випаси та сіножаті, а також лісові екосистеми, що можуть формувати значні дозові навантаження через забруднені радіонуклідами лісові продукти: гриби, лісові ягоди, дичину тощо [5].

Результати досліджень свідчать, що лише системний моніторинг міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами: від ґрунту до людини дає змогу встановити і аналі-

зувати проблему критичних екосистем, що формують дозові навантаження у населення регіону, постраждалого внаслідок аварії на ЧАЕС [6]. Під критичністю екосистеми певного регіону розуміють низку таких її параметрів, що можуть мимовільно або під впливом зовнішніх чинників змінюватися, що своєю чергою спричиняє збільшення дози опромінення його мешканців [7]. Основними показниками оцінювання рівня критичності екосистем є:

- рівень їх поверхневого радіологічного забруднення, що визначає можливість формування забруднених радіонуклідами кормів та продуктів харчування;
- значення КП у системі «ґрунт — кормові рослини» (або «ґрунт — продукти лісового походження»);
- для пасовищ і сіножатей — рівні забруднення сіна, а також молока та м'яса від худоби, яка споживає корми з цих угідь;
- для лісових екосистем — наявність та перевищення встановлених допустимих рівнів забруднення лісових продуктів;
- інтегральний показник — дозові навантаження населення.

Слід наголосити, що аналіз радіонуклідного забруднення екосистеми, визначення його критичних рівнів залежить від особливостей міграції радіонуклідів у певній екосистемі, а також рівня радіонуклідного забруднення її окремих ланок. Це може статися за перевищення допустимих рівнів питомої активності радіонуклідів у сіні, траві, овочах, молоці, м'ясі, лісових грибах і ягодах. Оскільки проаналізовані нами екосистеми є антропоцентричними, тобто центральною їх ланкою є людина, що мешкає на досліджуваній території, то контрольним елементом у цій екосистемі є саме людина і доза, яку вона отримує внаслідок внутрішнього, а інколи і зовнішнього опромінення. До того ж кількісним критерієм внеску критичних екосистем у формування дози опромінення населення може бути оцінка рівня її радіонуклідного забруднення, що порівнюється з допустимими рівнями [8].

Питомий внесок критичних екосистем у дозове навантаження на населення ви-

значається шляхом аналізу КП та горизонтального перенесення радіонуклідів, стимульованого антропогенною діяльністю. На ці механізми міграції радіонуклідів впливають як погодні умови, так і ландшафтні особливості території. Внаслідок господарської діяльності населення відбувається перенесення радіонуклідів з урочищ («сіно — гній») та лісу («дрова — зола — добрива») на присадибні ділянки. Тому такі ланцюги перенесення забруднювачів унаслідок взаємодії населення не лише з агроекосистемами, а й з лісовими та лучними екосистемами потребують постійного моніторингу.

Слід зауважити, що відповідні дослідження у зоні Чорнобильської катастрофи свідчать: ліс та пасовища є основними об'єктами уваги й дослідження радіоекологів у майбутньому для контролю міграції радіонуклідів; продукція підсобних приватних господарств не повинна використовуватися безконтрольно. Так, радіонукліди, що випали на території України, формують три основні потоки міграції харчовими ланцюгами [9–11]:

- надходження  $^{137}\text{Cs}$  із пасовищ (через продукти тваринництва цей потік формує основну частину дози внутрішнього опромінення населення — в середньому 70% від загальної дози для деяких районів Полісся);

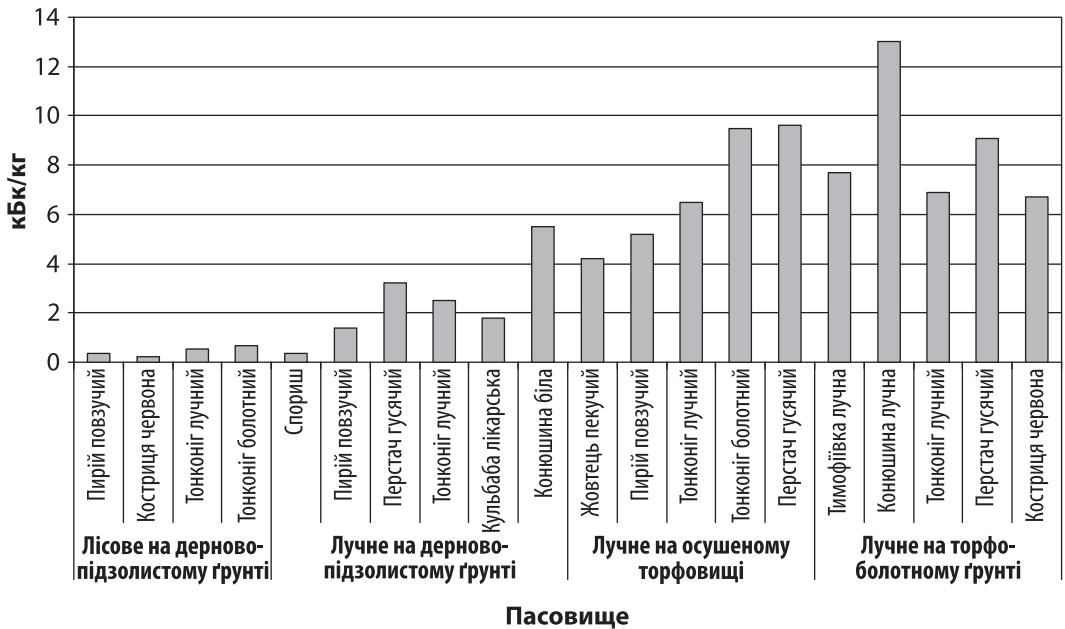
- внесення забрудненого радіонуклідом гною на городи (в середньому — 1000–8000 Бк/кг), що через вирощену продукцію формує у споживача — у середньому 10% від загальної дози;

- вживання харчової продукції лісового походження (грибів, ягід) і використання деревини як палива (збільшення дози внутрішнього опромінення населення на 20% і вище).

Дослідження закономірностей міграції  $^{137}\text{Cs}$  у біологічному ланцюзі «грунт — пасовищна рослинність» проводили на природних пасовищах Дубровицького р-ну Рівненської обл., які є типовими для переважної більшості природних угідь зони Полісся. Аналіз радіаційно забруднених територій демонструє помітну просторову

неоднорідність рівня радіонуклідного забруднення поверхневого шару ґрунту майже кожного урочища, а отже, і вирощеної в цих умовах рослинницької продукції. Це зумовлено нерівномірністю повітряного перенесення радіонуклідів та строкатістю ландшафту, зливом забруднювачів стічними водами, відмінностями між типами ґрунтів тощо. Одержані нами результати свідчать про високу щільність радіонуклідного забруднення ґрунту та рослинності у шарі 0–5,0 см.

Лучна і пасовищна рослинність накопичує у своїй надземній біомасі значно більшу кількість радіонуклідів порівняно з культурами польових сівозмін, що зумовлено підвищеною їх концентрацією в дернині. Крім того, щільнокущові злаки (костриця, тонконіг) накопичують у тканинах більше  $^{137}\text{Cs}$ , ніж кореневищні (пирій повзучий, стоколос безостий), унаслідок того, що основна маса їхніх коренів зосереджується у верхньому, найбільш забрудненому радіонуклідами шарі ґрунту [12]. Однак серед основних ботанічних груп заплавлених лук злакові відрізняються нижчим рівнем вмісту вказаного радіонукліда у надземній біомасі. Решта ботанічних груп лучних рослин за накопиченням радіонуклідів розташовуються у такому зростаючому порядку: осокові > бобові > різнотрав'я [13–14]. Дані про накопичення  $^{137}\text{Cs}$  різними видами пасовищних рослин наведено на рисунку. У весняно-літньому періоді вегетації питома активність зеленої маси пасовищних трав була нижчою і змінювалась залежно від видів рослин на дерново-підзолистому ґрунті у межах 0,24–5,5 кБк/кг; на торфовому — у межах 4,2–13,0 кБк/кг. Натомість питома активність зеленої маси на торфових ґрунтах була у 1,5–4,5 рази вищою порівняно з такою на дерново-підзолистих ґрунтах. У літньо-осінній період відмінності у накопиченні  $^{137}\text{Cs}$  видами пасовищних рослин зберігалися. Найбільшу кількість  $^{137}\text{Cs}$  в обох періодах дослідження накопичували перстач гусячий, тонконіг болотний, конюшина лучна і повзуча, горошок мишачий (кБк/кг): на дерново-підзолистому ґрунті —



Ботанічний склад та питома активність <sup>137</sup>Cs у травостой природних пасовищ

0,65–5,5, на торфовому – 9,1–13,0. Порівняно незначну питому активність <sup>137</sup>Cs зафіксовано у зеленій масі вівсяниці червоної, грястиці збірної, пирію повзучого, жовтцю пекучого – 0,24–1,4; 4,2–6,7 кБк/кг відповідно. Бобові компоненти у складі пасовищного корму мали у 1,5–4,0 рази вищу концентрацію <sup>137</sup>Cs у зеленій масі, ніж злакові.

Накопичення <sup>137</sup>Cs у травостой лук різних типів зменшується у такій послідовності: болотні луки > заплавні і низинні луки > суходільні луки. Максимальні КП радіонуклідів є властивими для болотних лук на органогенних ґрунтах. Для інших типів лук найвищі значення КП радіонуклідів зафіксовано для рослин, які ростуть на кислих перезволожених дерново-підзолистих ґрунтах – низинних і заплавних, що свідчить про вплив їх гідрологічного режиму на біологічну рухомість <sup>137</sup>Cs у лучних екосистемах.

Аналіз отриманих даних багаторічних спостережень за динамікою рівня радіаційного забруднення різних типів ґрунтів і надходженням радіонуклідів у рослини

засвідчив, що темпи зниження накопичення радіонуклідів рослинами, які зростають на різних типах ґрунтів, є неоднаковими. Ймовірно, це спричинено тим, що на досліджуваних територіях домінують торфові та торфоболотні ґрунти, які характеризуються високим ступенем зволоження та низькими значеннями рН – 4,5–5,6 [15].

Серед кормів для великої рогатої худоби у зимово-стійловий період найвищим рівнем забруднення <sup>137</sup>Cs характеризується сіно та сінаж багаторічних трав (1112–1829 та 1036–1630 Бк/кг відповідно). Найнижчий рівень <sup>137</sup>Cs зафіксовано у соломі жита озимого – 164–329 Бк/кг.

Результати досліджень (табл.) дають змогу прогнозувати рівень забруднення кормових трав <sup>137</sup>Cs на території Полісся України.

Так, за використання в розрахунках середніх даних забрудненості території та коефіцієнтів переходу радіонукліда з ґрунту в рослини, сіно та сінаж травосумішок значення відповідних показників будуть нижчими від гігієнічних нормативів ДР-2006 лише на культурних пасовищах. Це

Прогнозована активність  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) у багаторічних травах

| Вид угідь          | Травосумішки |       |             |
|--------------------|--------------|-------|-------------|
|                    | сіно         | сінаж | зелена маса |
| Сіножать           | 507          | 269   | 127         |
| Культурне пасовище | 169          | 101   | 42          |
| Природне пасовище  | 456          | 271   | 114         |

цілком прогнозовано, адже на вказаних угіддях, зазвичай, періодично вживають агротехнічних та агрохімічних заходів, які часто мають протирадіаційну спрямованість. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у зеленій масі трав може перевищувати ДР-2006 на сіножаті. Тому бажано також вживати комплексу протирадіаційних заходів, а також ретельно підбирати склад травосумішок, віддаючи перевагу культурам, що менше накопичують радіонукліди. Однак слід зауважити, що навіть за умови вжиття всіх можливих контрзаходів деякі кормові угіддя залишатимуться ризикованими стосовно рівня радіаційного забруднення кормів упродовж тривалого часу. Тому для отримання тваринницької продукції у вказаному регіоні, що відповідатиме чинним гігієнічним нормативам на питому активність у ній радіонуклідів, необхідно періодично використовувати корми з екологічно чистих територій. Особливо це актуально за випасання худоби на лісових пасовищах.

## ВИСНОВКИ

Визначення критичних екосистем є необхідною складовою радіоекологічного

контролю, що надає змогу встановити ризики радіонуклідного забруднення рослинності на території Українського Полісся у віддалений період після аварії на ЧАЕС.

Встановлено, що спільним для всіх критичних екосистем агроландшафтів Українського Полісся є істотний вплив характеристик ґрунтів (тип ґрунту, кислотність ґрунтового розчину, вміст гумусу тощо) та фітоценозів (породний/видовий та сортовий склад, вік, фаза розвитку культури тощо).

Перерозподіл радіонуклідів у критичних екосистемах, забруднених унаслідок аварії на ЧАЕС регіонів Українського Полісся, коефіцієнти переходу та накопичення полутантів у сільськогосподарську продукцію залежать від особливостей агроландшафту, типу екосистем, ґрунтових та лісорослинних (лісові екосистеми) умов, рельєфу. Окрім того, навіть попри вжиття необхідних контрзаходів деякі кормові угіддя Українського Полісся залишатимуться й надалі потенційним джерелом понаднормового радіаційного забруднення кормів, а отже і продукції тваринництва, впродовж тривалого часу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Фурдичко О.І.* Реабілітація — стратегічний напрям управління радіоактивно забрудненими територіями / О.І. Фурдичко, М.Д. Кучма // *Агроекологічний журнал*. — 2008. — № 1. — С. 5–12.
2. *Гудков І.М.* Сучасна радіаційна ситуація в аграрній сфері на території України, Росії та Білорусі в зоні впливу аварії на Чорнобильській АЕС // *І.М. Гудков // Проблеми сільськогосподарської радіології: 17 років після аварії на Чорнобильській АЕС*. — Житомир, 2003. — С. 21–27.
3. Інструкція з відбору та підготовки зразків для радіометричного контролю продукції лісового господарства. — К., 1998. — 78 с.
4. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології в системі Міністерства сільського господарства і продовольства України. — К., 1992. — 127 с.
5. Соціально-екологічні чинники споживчої поведінки населення на радіоактивно забруднених територіях Полісся / Д.П. Качур, П.В. Замостян, Г.П. Паньковська та ін. // *Агроекологічний журнал*. — 2010. — С. 106–110. — (Спецвипуск).
6. Моніторинг сезонного розподілу дозових навантажень у населення, що мешкає в третій та четвертій зонах радіоекологічного контролю Україн-

ського Полісся / Г.М. Чоботко, Є.С. Перетятко, В.В. Конішчук, Л.А. Райчук // II Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю «Екологія/Ecology – 2009» (Вінниця, 23–26 вересня 2009 р.). – Вінниця, 2009. – С. 494–497.

7. Параметри критичних екосистем на території Українського Полісся / І.І. Ясковець, Ю.О. Кутлахметов, В.О. Кутлахметов та ін. // *Агроекологічний журнал*. – 2008. – № 1. – С. 18–21.

8. Особливості моделювання міграції радіонуклідів у критичних екосистемах на прикладі приватних господарств / В.А. Оніщук, Л.А. Прокопенко, Є.С. Перетятко та ін. // Міжн. конф. «Екологія: Проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства» (Житомир, 16–18 червня 2005 р.). – Житомир, 2005. – С. 21–24.

9. *Ясковець І.І.* Прогнозування поведінки  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах за допомогою математичного моделювання / І.І. Ясковець, Л.А. Прокопенко, Л.А. Райчук // *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. – 2009. – Вип. 134, Ч. 1. – С. 214–222.

10. Актуальные проблемы и задачи научного сопровождения производства сельскохозяйственной продукции в зоне радиоактивного загрязнения ЧАЭС / М.В. Зубец, Б.С. Пристер, Р.М. Алекса-

хин и др. // *Агроекологічний журнал*. – 2011. – № 1. – С. 5–20.

11. ЕКОМОДЕЛЬ: динамічна модель для радіоекологічної ситуації / В.А. Гірій, В.Р. Заїтов, В.А. Оніщук, І.І. Ясковець // *Агроекологія й біотехнологія*. – 1999. – № 3. – С. 25–34.

12. *Подольск А.Г.* Влияние агрохимических и агротехнических приемов улучшения основных типов лугов Белорусского Полесья на поступление в травостой  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.Г. Подольск. – Минск, 2002. – 21 с.

13. *Перепелятников Г.П.* Миграция радионуклидов в природных и полуприродных луговых экосистемах / Г.П. Перепелятников // *Проблеми екології лісів і лісокористування на Поліссі України: наук. праці Поліського філіалу УкрНДІЛГА*. – 2002. – Вип. 3 (9). – С. 118–139.

14. *Фещенко В.П.* Елементи мінімізації радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції / В.П. Фещенко, О.І. Дутов // *Агроекологічний журнал*. – 2011. – № 1. – С. 27–32.

15. «Волинський феномен»: факти, аналіз, причини / В.А. Гірій, І.І. Ясковець, В.Р. Заїтов та ін. // *Наука. Чорнобиль-97: Доп. наук.-практ. конф.* (Київ, 11–12 лютого 1998 р.). – К., 1998. – С. 129–137.

## REFERENCES

- Furdychko, O.I., & Kuchma, M.D. (2008). Reabilitatsiya – stratehichnyy napryam upravlinnyya radioaktivno zabrudnenymy terytoriyamy [Rehabilitation strategic management direction contaminated areas]. *Ahroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 1, 5–12 [in Ukrainian].
- Hudkov, I.M. (2003). Suchasna radiatsiyna sytuatsiya v aharniy sferi na terytoriyi Ukrainy, Rosiyi ta Bilorusi v zoni vplyvu avariyi na Chornobylskiy AES [Current radiation situation in the agricultural sector in Ukraine, Belarus and Russia in the zone of the Chernobyl nuclear power plant]. *Proceedings from Problems of Agricultural Radiology 17 years after the Chernobyl nuclear power plant '03: Mizhnarodnyi zizd – International congress.* (pp. 21–27). Zhytomyr [in Ukrainian].
- Instruktsiia z vidboru ta pidhotovky vrazkiv dlia radiometrychnoho kontroliu produktii lisovoho hospodarstva [Instructions for the collection and preparation of samples for the radiometric control of forestry products].* (1998). Kyiv [in Ukrainian].
- Metodychnyi posibnyk z orhanizatsii provedennia naukovy-doslidnykh robiv v haluzi silskohospodarskoi radiolohii v systemi Ministerstva silskoho hospodarstva i prodovolstva Ukrainy [Methodical manual on the organization of scientific research conducting in the field of agricultural radiology in the system of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine].* (1992). Kyiv [in Ukrainian].
- Kachur, D.P., Zamostian, P.V., Pankovska, H.P. et al. (2010). Sotsialno-ekologichni chynnyky spozhychoi povedinky naselennia na radioaktyvno zabrudnenykh terytoriiakh Polissia [Socio-ecological factors of consumer behavior of the population in radioactively contaminated Polissya territories]. *Ahroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, Special issue, 106–110 [in Ukrainian].
- Chobotko, H.M., Peretyatko, Ye.Ye., Konishchuk, V.V., & Raichuk, L.A. (2009). Monitorynsh sezonnoho rozpodilu dozovykh navantazhen u naselennya, shcho meshkaye v tretyi ta chetvertiy zonakh radioekologichnoho kontrolyu Ukrainynskoho Polissya [Monitoring seasonal distribution of doses to the population living in the third and fourth zones of radiation monitoring Ukrainian Polissya]. *Proceedings from Ekolohiya/Ecology–2009 '09: II Vseukrayinskyi ziyzd ekolohiv z mizhnarodnoyu uchastyu, Zbirnyk naukovykh statey (23–26 veresnia 2009 r.) – 2nd All-Ukrainian Congress of Ecologists with International Participation.* (pp. 494–497). Vinnytsya [in Ukrainian].
- Yaskovets, I.I., Kutlakhmetov, Yu.O., & Kutlakhmetov, V.O. (2008). Parametry krytychnykh ekosystem na terytoriyi Ukrainynskoho Polissya [Parameters critical ecosystems in the territory of Ukrainian Polissya]. *Ahroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 1, 18–21 [in Ukrainian].
- Onishchuk, V.A., Prokopenko, L.A., & Peretyatko, Ye.Ye. (2005). Osoblyvosti modelyuvannya mihratsiyi radiounuklidiv u krytychnykh ekosystemakh na prykladi pryvatnykh hospodarstv [Features of modeling of radionuclide migration in critical ecosystems on the example of private households]. *Proceedings from Ecology: Problems of adaptive-landscape agriculture '05: Mizhnarodna konferentsiia –*

- International Conference*. (pp. 21–24). Zhytomyr [in Ukrainian].
9. Yaskovets, I.I., Prokopenko, L.A., & Raichuk, L.A. (2009). Prohnozuvannya povedinky  $^{137}\text{Cs}$  u lisovykh ekosystemakh za dopomohoyu matematychnoho modelyuvannya [Predicting the behavior of  $^{137}\text{Cs}$  in forest ecosystems using mathematical modeling]. *Naukovyy visnyk Natsionalnoho universytetu biorekursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy – Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 134 (1), 214–222 [in Ukrainian].
  10. Zubets, M.V., Prister, B.S., & Aleksakhin, R.M. (2011). Aktualnye problemy i zadachi nauchnogo soprovozhdeniya proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii v zone radioaktivnogo zagryazneniya ChAES [Current problems and challenges of scientific support of agricultural production in the area of radioactive contamination Chernobyl nuclear power plant]. *Agroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 1, 5–20 [in Russian].
  11. Hiri, V.A., Zayitov, V.P., Onyshchuk, V.A., & Yaskovets I.I. (1999). Ekomodel: dynamichna model dlya radioekologichnoyi sytuatsiyi [Ecomodel: dynamic model for Radiological situation]. *Ahroekologhiya y biotekhnologhiya – Agroecology and biotechnology*, 3, 25–34 [in Ukrainian].
  12. Podoliak, A.H. (2002). Vlyianie ahroekhnicheskyykh y ahrotekhnicheskyykh pryemov uluchsheniya osnovnykh tipov lufov Belorusskoho Polesia na postuplenye v travostoi  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{90}\text{Sr}$  [Influence of agrochemical and agrotechnical methods of improvement of the main meadows types of the Belarusian Polesie on  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  ingestion by herbaceous]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Minsk [in Russian].
  13. Perepeliatnykov, H.P. (2002). Migrantsiya radionuklidov v prirodnykh i poluprirodnykh lufovykh ekosystemakh [Migration of radionuclides in natural and semi-natural meadow ecosystems]. *Problemy ekolohii lisiv i lisokorystuvannya na Polissi Ukrainy: nauk. pratsi Poliskoho filialu UkrNDILHA – Problems of forests and forest use ecology in the Polissya of Ukraine: sci. works of the Polissya branch of UkrRIFA*, 3 (9), 118–139 [in Russian].
  14. Feshchenko, V.P., & Dutov, O.I. (2011). Elementy minimizatsii radioaktyvnogo zabrudnennia sil'skohospodarskoi produktsii [Elements of minimization of agricultural products radioactive contamination]. *Ahroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 1, 27–32 [in Ukrainian].
  15. Harher, Ye.K., Hiri, V.A., & Yaskovets, I.I. (1998). Volynskyy fenomen: fakty, analiz, prychny [Volyn phenomenon: facts, analysis, reason]. Proceedings from Nauka. Chernobyl-97 '11: *Nauk.-prakt. konf. (11–12 liutoho 1998 r.) – The scientific and practical conference*. (pp. 129–137). Kyiv [in Ukrainian].

Отримано 6.11.2018