

## СТАНОВЛЕННЯ РАДІОЕКОЛОГІЇ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ В УКРАЇНІ

В.П. Краснов<sup>1</sup>, В.П. Ландін<sup>2</sup>, В.А. Захарчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Житомирський державний технологічний університет

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

*Здійснено узагальнення наукових досліджень, що були проведені у лісових екосистемах України після аварії на ЧАЕС. Визначено основні напрями наукових досліджень та технологічних розробок за 30 років з метою регламентування лісокористування та вжиття лісогосподарських заходів на територіях, забруднених радіонуклідами. Встановлено, що проведені дослідження надали змогу вченим обґрунтувати новий напрям у лісівництві — радіоекологія лісових екосистем. Наведено основні узагальнюючі наукові праці та нормативні документи щодо різних аспектів ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення.*

**Ключові слова:** радіоактивне забруднення, лісові екосистеми, лісокористування, радіонукліди, питома активність радіонуклідів, реабілітація лісів.

Аварія на ЧАЕС спричинила глобальні зміни радіаційної ситуації у лісових масивах України і обумовила необхідність розробки наукових основ ведення лісового господарства та лісокористування на територіях, забруднених радіонуклідами. Найбільші площі та рівні радіоактивного забруднення лісів були зафіксовані у лісових насадженнях Полісся України — регіоні, де проживала велика кількість населення, велося інтенсивне лісове господарство. До того ж значна кількість сільського населення працювала у лісогосподарських підприємствах і використовувала багаті ресурси лісу для власного вжитку та продажу. Значно менше радіаційного впливу зазнали ліси інших фізико-географічних зон — Лісостепу, Степу та Карпат [1]. Слід наголосити, що близько 50-ти років тому у колишньому Радянському Союзі були розроблені «Рекомендації по веденню сільського і лесного хозяйства при радиоактивном загрязнении внешней среды» [2]. У цьому документі (на декількох сторінках) розглядалися загальні закономірності можливого радіоактивного забруднення і радіаційного враження лісів унаслідок застосування ядерної зброї. Також повідомлялось про три можливі ситуації враження хвойних

та листяних лісових насаджень (в основу була покладена величина поглинутої дози кронами дерев), а також надавались загальні рекомендації щодо здійснення деяких лісогосподарських заходів і використання деревини. Зауважимо, що безпосередньо після аварії на ЧАЕС інформації про вказаний нормативний документ не було. Втім він і не міг бути використаним у розробці подібних документів в Україні.

Наведені вище особливості враженого аварійними викидами ЧАЕС регіону, потребували більш ретельного вивчення численних теоретичних проблем, що виникли внаслідок міграції радіоактивних елементів у лісових екосистемах трофічними шляхами та дії іонізуючих випромінювань на компоненти лісових екосистем. Крім того, необхідно було вирішувати практичні питання щодо вжиття всіх лісогосподарських заходів і використання всіх ресурсів лісу.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Після аварії на ЧАЕС на території України, як би це цинічно не звучало, з'явився унікальний полігон для проведення широких радіоекологічних досліджень у лісових екосистемах. У лісових угрупованнях можна було спостерігати широкий діапазон рівнів радіоактивного забруднення угідь, а

також усі радіаційні ефекти на деревних породах — від радіаційної стимуляції до летальних випадків. Але радіоактивне забруднення лісів, як і інших територій, після аварії на ЧАЕС мало певні особливості і значно відрізнялось від експериментів на ділянках чи у лабораторіях, де радіоактивне забруднення досягалося штучним внесенням радіонуклідів. В умовах реальної радіаційної катастрофи була відсутня «чистота досліду», адже за штучного експерименту певні радіонукліди з визначеною активністю вносились рівномірно. Крім того, був «втрачений» для дослідження перший етап аварії, коли радіонуклідний склад аварійних викидів і їх активність були максимальними. Зважаючи на нерівномірність викидів за інтенсивністю, радіонуклідним складом і активністю, а також на значну мозаїчність радіоактивного забруднення площ, майже неможливо було відновити радіаційну ситуацію та радіаційне навантаження на біоту у конкретному місці. Це дещо ускладнило проведення радіобіологічних досліджень. Натомість існували широкі можливості для проведення досліджень з міграції радіоактивних ізотопів у лісових екосистемах, особливо таких екологічно небезпечних, дозоутворювальних і довгоживучих, як  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ .

Уже в червні 1986 р. вченими України, Росії та Білорусі на підставі первинної оцінки масштабів радіоактивного забруднення лісів було розроблено «Сборник нормативных документов по ведению лесохозяйственного производства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению» [3]. Слід наголосити, що на сьогодні — це ніби звичайний собі документ, який фактично не зачіпав особливостей ведення лісового господарства на територіях, що потрапили до зони впливу аварійних викидів ЧАЕС, адже його основні положення мали характер заборони і не базувались на експериментальному матеріалі. Але саме цей документ зіграв значну роль у забезпеченні радіаційної безпеки працівників лісового господарства та унеможливив випуск продукції лісового господарства, радіоактивне забруднення якої

перевищувало тимчасово допустимі рівні вмісту радіонуклідів.

Пізніше, після більш детальної і точної оцінки радіаційної ситуації в лісах, забруднених радіонуклідами, а також у процесі ретельного вивчення наявних літературних джерел і поодиноких спектрометричних аналізів компонентів лісових екосистем, науковими співробітниками союзних республік, які зазнали впливу радіації після аварії на ЧАЕС, були складені перші «Временные рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения» [4]. Вони якісно відрізнялися від попереднього нормативного документа, оскільки містили набагато більше рекомендацій та інформації (зонування радіоактивного забруднення частини лісів, пропозиції щодо регламентації використання продукції лісового господарства, пропозиції про застосування безпечних технологій проведення лісгосподарських робіт, методики розрахунку дозових навантажень на працівників лісу). Цей документ надав змогу, в основному, нормувати лісгосподарське виробництво з урахуванням радіаційного чинника на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення.

Так, проведені широкі дослідження у лісових екосистемах, а також матеріали контактного обстеження лісів на радіоактивне забруднення (всіх областей України) дали змогу вченим скласти перші українські «Рекомендації по веденню лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення» (1995) [1]. Вони значно відрізнялися від попередніх і містили: 1) характеристику радіаційної ситуації в лісах; 2) обґрунтування зонування лісів, забруднених радіонуклідами; 3) групування лісгосподарських підприємств України за рівнями радіоактивного забруднення ґрунту і можливим рівнем вмісту радіонуклідів у продукції лісового господарства; 4) пропозиції щодо ведення лісгосподарських і лісозаготівельних робіт з урахуванням радіаційного чинника; 5) матеріали про радіаційну безпеку та гігієну праці; 6) пропозиції щодо організації радіаційного контролю на підприємствах лісового

господарства. Фактично, це були перші рекомендації, які повністю регламентували лісгосподарську діяльність підприємств, що працюють на територіях, забруднених радіонуклідами після аварії на ЧАЕС. У наступні роки ці рекомендації вдосконалювались і актуалізувались відповідно до змін радіаційної ситуації у лісах, перерозподілу радіонуклідів у лісових екосистемах і їх закріплення у ґрунті.

Ліси 30-км зони ЧАЕС завжди потребували особливої уваги і специфічного реагування. Це пояснюється значними рівнями радіоактивного забруднення території, характером і особливостями радіоактивного матеріалу, а також радіонуклідним складом аварійних опадів. Наглядним прикладом значних рівнів радіації після аварії став «Рудий ліс», часткова загибель сосни звичайної в лісових культурах, відмирання бруньок у цієї породи та численні морфози багатьох деревних порід. Поряд із тим діапазон рівнів радіоактивного забруднення 30-км зони ЧАЕС є доволі значним, що надає можливість експлуатувати деревні ресурси, з одного боку, і категорично забороняти ведення лісового господарства, з іншого. Крім того, основна кількість насаджень зони — соснові монокультури, що потребує обов'язкового вжиття заходів з охорони лісу від пожеж, шкідників і хвороб. На початку 90-х років у зоні згоріли значні площі лісів (17,0 тис. га), декілька тисяч гектарів були підтоплені. Це пояснюється відсутністю лісової охорони, оскільки лісгосподарські підприємства у зоні відчуження були ліквідовані. Тому після низки небезпечних ситуацій у цій зоні таке підприємство було відновлене.

Для ведення лісового господарства у 30-км зоні ЧАЕС були розроблені науково обґрунтовані «Тимчасові рекомендації по проведенню еколого-лісівничих заходів в лісах 30-км зони ЧАЕС». В основу рекомендацій покладено розподіл території на три зони за рівнями радіоактивного забруднення, а також систематизацію лісгосподарських заходів для кожної з них. У подальшому ці рекомендації були доповнені новими науковими розробками.

За період, що минув з часу аварії на ЧАЕС, у лісових екосистемах України було здійснено серію наукових досліджень та створено технологічні розробки, які можна узагальнити за певними напрямками:

- вивчення особливостей радіоактивного забруднення лісів [5];
- вивчення міграції радіонуклідів у основних типах ґрунтів у лісах Полісся і Правобережного Лісостепу [6];
- вивчення розподілу сумарної активності радіонуклідів у компонентах лісових екосистем [6];
- розробка моделей міграції радіонуклідів у лісових екосистемах з метою прогнозування величин радіоактивного забруднення їх компонентів [7];
- вивчення перерозподілу радіонуклідів у лісових екосистемах після лісових пожеж, лісокультурних і лісозаготівельних робіт [6];
- вивчення міграції радіонуклідів у системі «ґрунт — кормові рослини — дикі копитні тварини» і виявлення особливостей накопичення радіонуклідів у органах диких копитних тварин і деяких промислових птахів [8];
- вивчення санітарно-гігієнічних умов праці в процесі проведення лісгосподарських робіт на територіях, які зазнали радіоактивного забруднення [9];
- встановлення особливостей накопичення радіонуклідів основними лісоутворювальними деревними породами та їх розподілу у частинах і органах дерев при різних рівнях радіоактивного забруднення ґрунту і в певних типах лісорослинних умов [5];
- виявлення впливу іонізуючого випромінювання на плодоношення та якість насіння сосни звичайної, а також на проходження мітозів і мейозів [10];
- вивчення особливостей накопичення радіонуклідів дикорослими ягідними та лікарськими рослинами лісів Полісся і Правобережного Лісостепу при різних рівнях радіоактивного забруднення ґрунту і в певних типах лісорослинних умов [11, 12];
- вивчення особливостей накопичення радіонуклідів у плодovому тілі основних

їстівних грибів при різних рівнях радіоактивного забруднення ґрунту і в певних типах лісорослинних умов [13];

- виявлення ролі ендоефітних грибів у міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами лісових екосистемах [14];
- встановлення ролі грибів у перерозподілі радіонуклідів у лісових ґрунтах [15];
- вивчення радіоактивного забруднення кормових рослин лісових пасовищ і сінокосів [16];
- розробка технологій лісорозведення на територіях з високими рівнями радіоактивного забруднення ґрунту [17];
- вивчення можливостей зниження радіоактивного забруднення деревини в процесі її технологічної переробки [18];
- розробка методики оцінки економічних втрат, понесених лісовим господарством унаслідок аварії на ЧАЕС [19].

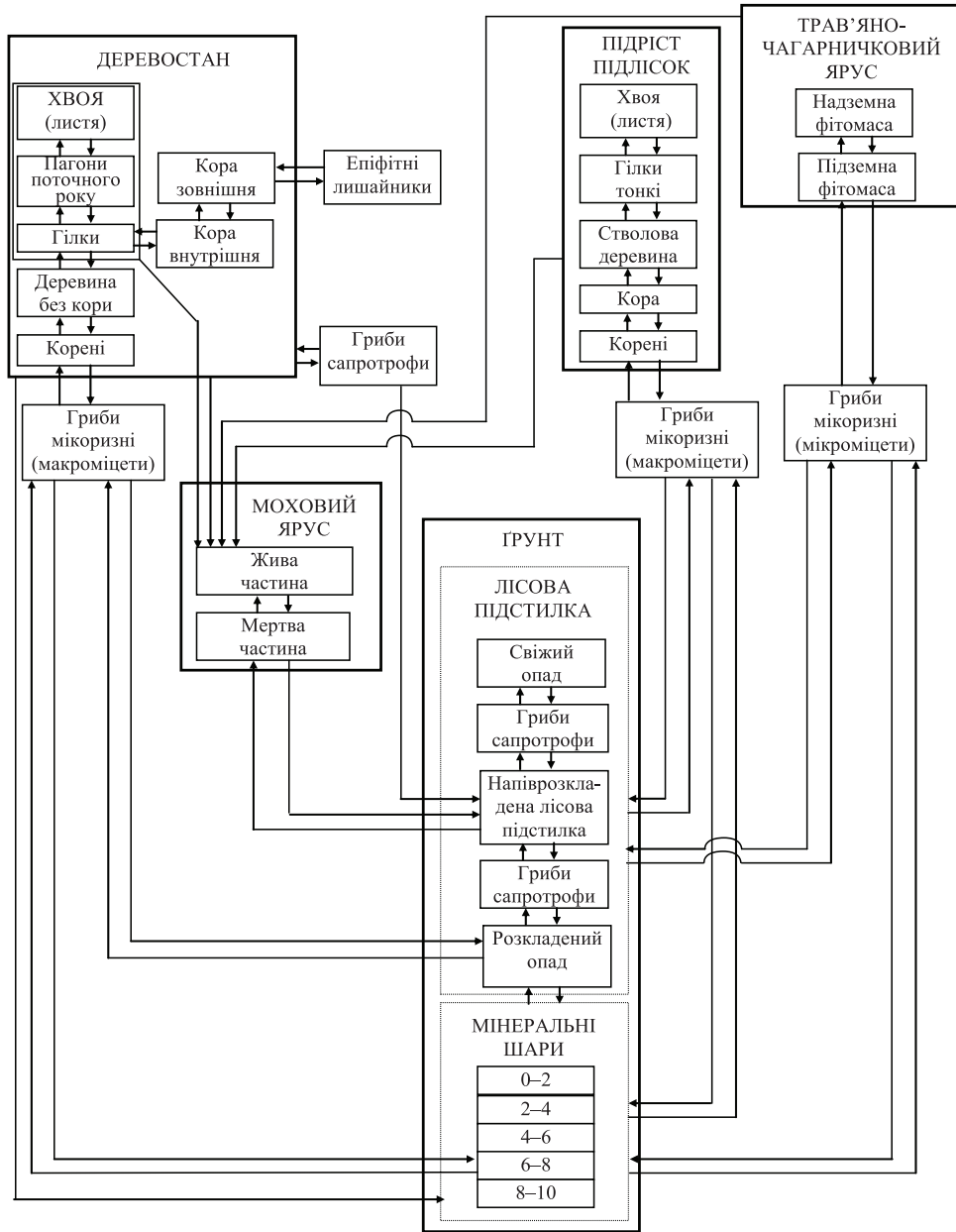
Наведений перелік свідчить про глибину і багатоплановість проблем, які необхідно було розв'язувати. Слід наголосити, що не всі з них були вивчені або опрацьовані належною мірою. Але, підкреслимо, отримані результати надали змогу регламентувати ведення лісогосподарських робіт і лісокористування на територіях, забруднених радіонуклідами, а отже, забезпечити працівників лісогосподарського виробництва від можливого переопромінення і гарантувати випуск продукції в межах чинних на той час нормативів.

Основою для вирішення окреслених практичних питань були дослідження щодо міграції радіоактивних елементів у лісових екосистемах та їх перерозподілу між компонентами у часі. За результатами проведених досліджень науковцями були розроблені концептуальні схеми міграції  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах на лісотипологічній основі. Прикладом може слугувати наведена схема (рис.) для 55-літнього соснового насадження у вологому суборі ( $\text{B}_3$ ) [7]. Модель було створено для віддаленого післяаварійного періоду — квазірівноваги  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтово-рослинному покриві лісів. Едифікаторний блок екосистеми — деревостан — складається з деревини, хвої, пагонів поточного року, гілок, кори зов-

нішньої і внутрішньої, з позначенням напрямків обмінних процесів між ними. Блок підросту і підстилки також складається зі стовбурної деревини, гілок, кори, коренів і хвої (листя); трав'яно-чагарничковий ярус розглядається спрощено, як такий, що характеризується надземною і підземною фітомасою. Моховий ярус, щільний і потужний у цій екосистемі, розділено на дві частини — живу і мертву (до того ж відомо, що мохи не мають коріння і, відповідно, кореневого надходження радіонуклідів із ґрунту). Блок ґрунту складається з двох головних субблоків — лісової підстилки і мінеральної частини (розділених на 2-см прошарки). Зі схеми випливає, що частини лісової підстилки (свіжий опад, напіврозкладена і розкладена) перебувають у геохімічному зв'язку внаслідок дії грибів-сапротрофів, інші групи організмів поки що в моделі не аналізуються за браком відповідних даних.

Моделювання міграційних процесів дає змогу: здійснювати аналіз усіх видів продукції лісового господарства (деревної і не деревної); визначати питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у продукції лісового господарства при заданій (відомій) щільності забруднення ґрунту; здійснювати розрахунки на будь-який рік з урахуванням заданого кроку (через рік, два, десять і т.д.); враховувати процес фізичного розпаду радіонуклідів; порівнювати модельні (прогнозні) дані з реальними даними багаторічного радіо-екологічного моніторингу.

Отже, на нашу думку, нині потрібно: розробити довготривалу концепцію комплексного ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення; розробити нову редакцію рекомендацій з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення; вивчити санітарно-гігієнічні умови праці під час проведення лісогосподарських робіт на територіях, забруднених радіонуклідами; дослідити можливості використання ГІС-технологій для проектування лісогосподарських заходів з урахуванням радіаційного чинника, моделювання міграції радіонуклідів у лісових екосистемах і прогнозування радіоак-



Концептуальна схема моделі міграції  $^{137}\text{Cs}$  у соснових насадженнях соснового субору (сосняк чорнично-зеленомошній) [7]

тивного забруднення продукції лісового господарства; створення компартментних моделей міграції радіонуклідів у лісових екосистемах з метою прогнозування радіо-

активного забруднення продукції лісового господарства на лісотипологічній основі; розробити наукові основи проведення лісовпорядних робіт у радіоактивно забруд-

нених лісових насадженнях і сертифікації лісу на корені з урахуванням радіаційного чинника; вивчити стан і продуктивність лісових насаджень на територіях із щільністю радіоактивного забруднення ґрунту понад 15 Ки/км<sup>2</sup> і розробити заходи з їх стабілізації; дослідити процеси природного заростання деревними породами колишніх сільськогосподарських угідь та розробити спеціальні заходи з лісорозведення на цих територіях; продовжити вивчення міграції основних техногенних радіонуклідів у компонентах лісових екосистем і їх накопичення у продукції лісового господарства.

### ВИСНОВКИ

За 30 років, що минули з часу аварії на ЧАЕС, лісова радіоекологія в Україні сформувалася як самостійний підрозділ загальної радіоекології з відповідним масивом

накопичених знань. Крім того, у лісознавстві і лісівництві з'явилися нові напрями: теоретичний — радіоекологія лісу та практичний — ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення.

Багаторічні прикладні і фундаментальні дослідження радіоекологів надали можливість виявити і кількісно охарактеризувати спрямованість і темпи міграції радіонуклідів у лісових біогеоценозах, що дає змогу здійснити наукове обґрунтування ведення лісового господарства на територіях, забруднених радіонуклідами. Отримані результати забезпечили розв'язання не тільки прикладних проблем ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення, а й сприяли пізнанню механізмів і закономірностей біогеохімії радіоактивних елементів у таких складних екосистемах, якими є ліси.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения / Под общ. ред. В.П. Краснова. — К., 1995. — 64 с.
2. Рекомендации по ведению сельского и лесного хозяйства на территории с повышенной радиоактивностью. — М.: Колос, 1964. — 56 с.
3. Сборник нормативных документов по ведению лесохозяйственного производства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. — К.: МЛХ УССР, 1986. — 52 с.
4. Временные рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения. — М.: Гослесхоз СССР, 1988. — 48 с.
5. Краснов В.П. Радиоэкология лесов Полесья Украины. — Житомир: Волинь, 1998. — 112 с.
6. Прикладная радиоэкология леса / В.П. Краснов, А.А. Орлов, В.А. Бузун и др. — Житомир: Полісся, 2007. — 680 с.
7. Математичне моделювання міграції <sup>137</sup>Cs у лісових екосистемах Українського Полісся / А.М. Ковальчук, В.П. Краснов, В.Г. Левицький та ін. // Бюллетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. — 2002. — № 2. — С. 59–70.
8. Радіоекологія козулі європейської в Центральному Поліссі України / В.П. Краснов, З.М. Шелест, О.О. Орлов та ін.; під ред. В.П. Краснова. — Житомир: Волинь, 1998. — 144 с.
9. Мазепа М.Г. Определение радиоактивности воздуха на лесосеке при проведении рубок ухода / М.Г. Мазепа // Основы организации и ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения: Тез. докл. Всесоюз. научн.-практ. конф. — Гомель: БелНИИЛХ, 1991. — С. 36.
10. Митроченко В.В. Вплив хронічного радіоактивного опромінення на формування генетичної сфери сосни звичайної в районі аварії на ЧАЕС / В.В. Митроченко, Г.А. Шлончак, Г.В. Шлончак // Проблеми екології лісів і лісокористування на Поліссі України. — Житомир: Волинь, 1998. — С. 47–61.
11. Краснов В.П. Радиоэкология ягодных растений / В.П. Краснов, А.А. Орлов. — Житомир: Волинь, 2004. — 264 с.
12. Краснов В.П. Радиоэкология лікарських рослин / В.П. Краснов, О.О. Орлов, А.І. Гетьманчук. — Житомир: Полісся, 2005. — 214 с.
13. Краснов В.П. Радиоэкология съедобных макромицет / В.П. Краснов, А.А. Орлов, Т.В. Курбет. — Житомир: ПП «Рута», 2006. — 220 с.
14. Курченко І.М. Біорізноманітність та еколого-фізіологічні особливості ендофітних мікроміцетів рослин сфагнових боліт Полісся України: автореф. ... д-ра біол. наук: 03.00.07 / І.М. Курченко. — К., 2014. — 40 с.
15. Віннічук М.М. Радіоекологічні функції мікорізоутворюючих макроміцетів / М.М. Віннічук. — Житомир: ЖДТУ, 2011. — 238 с.
16. Орлов А.А. Основные закономерности радиоактивного загрязнения лесных пастбищных и сенокосных угодий / А.А. Орлов, В.П. Краснов, И.Д. Иванюк // Проблема екології лісу і лісокористування на Поліссі України. — Житомир: Волинь, 2002. — Вып. 3 (9). — С. 100–117.
17. Рекомендации по технологии залесения части территории РСФСР, Украинской ССР и Белорусской ССР с плотностью радиоактивного загрязнения цезием-137 80 Ки/км<sup>2</sup> и более / Госкомлес СССР. — М.: ДСП, 1989. — 27 с.

18. Рекомендації щодо зниження вмісту радіонуклідів у деревині при переробці на тріску та целюлозу / Г.В. Лисиченко, Б.Г. Шабалін, О.П. Дикареві та ін. — К., 1997. — 30 с.
19. *Приступа Г.К.* Экономическая оценка ущерба,

нанесённого лесным ресурсам радиоактивным загрязнением / Г.К. Приступа, Р.Г. Приступа // Проблемы экологии лесов и лесопользования в Полесье Украины. — Житомир: Полесская АЛНДС, 1997. — С. 50–52.

## REFERENCES

1. Krasnov, V.P. (Eds.). (1995). *Rekomendatcii po vedeniiu lesnogo khoziaistva v usloviiakh radioaktivnogo zagriazneniia* [Recommendations on forest management in conditions of radioactive contamination]. Kiev [in Russian].
2. *Rekomendatcii po vedeniiu selskogo i lesnogo khoziaistva na territorii s pozyshennoi radioaktivnostiu* [Recommendations on agriculture and forestry management in the territory with increased radioactivity]. (1964). Moscow: Kolos [in Russian].
3. *Sbornik normativnykh dokumentov po vedeniiu lesosokhoziaistvennogo proizvodstva na territoriakh, podverghshihsia radioaktivnomu zagriazneniiu* [Collection of normative documents on the management of forestry production in the territories exposed to radioactive contamination]. (1986). Kiev: MLH of the USSR [in Russian].
4. *Vremenne rekomendatcii po vedeniiu lesnogo khoziaistva v usloviiakh radioaktivnogo zagriazneniia* [Temporary recommendations on forest management in conditions of radioactive contamination]. (1988). Moscow: State Forestry Service of the USSR [in Russian].
5. Krasnov, V.P. (1998). *Radioekologiya lesov Polesia Ukrainy* [Radioecology of Ukrainian Polesye forests]. Zhitomir: Volyn [in Russian].
6. Krasnov, V.P., Orlov, A.A., Buzun, V.A., Landin, V.P. & Shelest, Z.M. (2007). *Prikladnaia radioekologiya lesa* [Applied forest radioecology]. Zhitomir: Polissya [in Russian].
7. Kovalchuk, A.M., Krasnov, V.P., Levytskyi, V.H. et al. (2002). Matematychno modeljuvannja migracii  $^{137}\text{Cs}$  u lisovykh ekosystemah Ukraini's'kogo Polissja [Mathematical modeling of  $^{137}\text{Cs}$  migration in Ukrainian Polissya forest ecosystems]. *Bjulleten' ekologichnogo stanu zony vidchuzhennja ta zony bezumovnogo (obov'jazkovogo) vidseleennja — Bulletin ecological state of the exclusion zone and zone of unconditional (obligatory) resettlement*, 2, 59–70 [in Ukrainian].
8. Krasnov, V.P., Shelest, Z.M., Orlov, O.O. et al. (1998). *Radioekologija kozuli jevropejskoi v Centralnomu Polissi Ukrainy* [Radioecology of European deer in Central Polissya of Ukraine]. V.P. Krasnov (Ed.). Zhytomir: Volyn [in Ukrainian].
9. Mazepa, M.G. (1991). Opreddenie radioaktivnosti vozduha nalesoseke pri provedenii rubok uhoda [Determination of air radioactivity in the cutting area during thinning operations]. Fundamentals of the organization and management of forestry in conditions of radioactive contamination '91: *Vsesojuzn. nauchn.-prakt. Konf. — All-Union Scientific and Practical Conference*. (p. 36). Gomel: BelNIILKh [in Russian].
10. Mytrochenko, V.V., Shlonchak, G.A., & Shlonchak, G.V. (1998). Vplyv hronichnogo radioaktivnogo oprominennja na formuvannja genetychnoi' sfery sosny zvyčajnoi' v rajoni avarii' na ChAES [The impact of chronic radiation exposure on the pine genetic areas formation in the Chernobyl accident area]. *Problemy ekologii' lisiv i lisokorystuvannja na Polissi Ukrainy* [Problems of forest ecology and forest management in Ukrainian Polesie]. Zhytomir: Volyn [in Ukrainian].
11. Krasnov, V.P., & Orlov, A.A. (2004). *Radioekologija jagodnyh rastenij* [Radioecology of berry plants]. Zhitomir: Volyn [in Russian].
12. Krasnov, V.P., Orlov, O.O., & Hetmanchuk, A.I. (2005). *Radioekologija likars'kyh roslyn* [Herbs radioecology]. Zhytomir: Polissja [in Ukrainian].
13. Krasnov, V.P., Orlov, A.A., & Kurbet, T.V. (2006). *Radioekologija syedobnyh makromicet* [Radioecology of edible macromycetes]. Zhitomir: PP «Ruta», publishing house «Volyn» [in Russian].
14. Kurchenko, I.M. (2014). Bioriznomanitnist' ta ekologo-fiziologichni osoblyvosti endofitnyh mikromicetiv Roslyn sfagnovyh bolit Polissja Ukrainy [Biodiversity and ecological and physiological characteristics of endophytic Micromycetes Ukrainian Polissya sphagnum bogs plants]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
15. Vinnichuk, M.M. (2011). *Radioekologichni funkcii' mikoryzoutvorjujuchyh makromicetiv* [Radiological features mycorrhiza forming macromycetes]. Zhytomir: ZSTU [in Ukrainian].
16. Orlov, A.A., Krasnov, V.P., & Ivaniuk, I.D. (2002). Osnovnye zakonovernosti radioaktivnogo zagriaznenija lesnyh pastbishnyh i senokosnyh ugodij [Basic regularities of radioactive contamination of forest pasture and hayfields]. *Problema ekologii' lisu i lisokorystuvannja na Polissi Ukrainy — The problem of forest ecology and forest management in Polissia of Ukraine*, 3 (9), 100–117 [in Russian].
17. *Rekomendatcii po tekhnologii zalesenija chasti territorii RSFSR, Ukrainsskoi SSR i Belorusskoi SSR s plotnostiu radioaktivnogo zagriazneniia teziem-137 80 Ki/km<sup>2</sup> i bolee* [Recommendations on the technology of afforestation of part of the territory of the RSFSR, the Ukrainian SSR and the Byelorussian SSR with the density of radioactive contamination with cesium-137 80 Ci/km<sup>2</sup> and more]. (1989). Goskomles SSSR. Moscow: DSP [in Russian].
18. Lysyuchenko, H.V., Shabalin, B.H., Dyukaryev, O.P., Kaletnyk, M.M., Landin, V.P., Tyschenko, Yu.S. et al. (1997). *Rekomendatcii' shhodo znyzhennja vmistu radionuklidiv u derevyni pry pererobci na trisku ta celjulozu* [Recommendations to reduce the radionuclide content in wood chips in the processing and pulp]. Kyiv [in Ukrainian].
19. Prikhody, G.K., Pristupa, R.G. (1997). Jekonomicheskaia ocenka usshherba, nanesjonnoho lesnym resursam radioaktivnym zagriazneniem [Economic evaluation of damage caused to forest resources by radioactive contamination]. *Problemy jekologii' lesov i lesopol'zovanija v Poles'e Ukrainy* [Problems of the ecology of forests and forestuseinPolissyaofUkraine]. Zhitomir: Polesskaya ALNDS [in Russian].