

УДК: 551.525

В.П. КРАСНОВ<sup>1</sup>

## РАДІОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ УКРАЇНИ

*Проаналізовано основні наукові публікації та нормативні документи щодо ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення. У процесі проведення досліджень порушено такі проблеми: вивчення міграції радіонуклідів у лісових екосистемах, санітарно-гігієнічні, обґрунтування лісокористування, здійснення лісогосподарських заходів, економічні. Отримані результати дослідження дали змогу вченим обґрунтувати новий напрям у лісівництві – радіоекологію лісових екосистем, а також регламентувати використання продукції лісового господарства та проведення лісогосподарських заходів на територіях, забруднених радіонуклідами.*

**Ключові слова:** лісові екосистеми, радіонукліди, питома активність радіонукліду, радіоактивне забруднення, реабілітація лісів

**Вступ.** До аварії на Чорнобильській АЕС в Україні не існувало науково-дослідних підрозділів, які досліджували б проблеми радіоекології лісових екосистем. Природно, що не було розроблено жодного нормативного документа або рекомендацій, в яких зумовлювались би режими роботи працівників лісового господарства з метою забезпечення радіаційної безпеки, або заходи щодо ведення лісогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення, або регламентацію використання ресурсів лісу на забруднених радіонуклідами територіях. Працівники лісового господарства та наукові співробітники зіткнулися після аварії на ЧАЕС з низкою проблем, з якими раніше вони не стикалися і які потрібно було вирішувати у найкоротші терміни.

У колишньому Радянському Союзі, близько 50-ти років назад, було розроблено “Рекомендації по веденню сільськогосподарського та лісового господарства при радіоактивному забрудненні зовнішнього середовища”. Вони, у дуже невеликій частині, яка торкалася ведення лісового господарства, мали фрагментарний характер. У рекомендаціях містилися матеріали щодо ступеня ураження хвойних і листяних лісостанів залежно від величини поглинутих доз кронами дерев. Також у них було наведено деякі особливості ведення лісового господарства у разі трьох ситуацій ураження лісових насаджень. Ці ситуації відрізнялись величиною радіоактивного забруднення або ступенем ураження лісових насаджень іонізуючим випромінюванням, а запропоновані заходи були дуже схематичними. Варто зазначити, що після аварії на ЧАЕС ці рекомендації у практиці ведення лісового господарства не використовували.

Минуло 30 років з часу аварії на Чорнобильській АЕС. Досить значний період, протягом якого

відбувались: організація та оснащення наукових лабораторій радіоекології, підготовка спеціалістів, усвідомлення проблем і організація наукових досліджень, проведення комплексних досліджень у лісових екосистемах, складання нормативних документів з метою регламентації ведення лісогосподарського виробництва та лісокористування [11, 12], обґрунтування реабілітації лісів і лісогосподарських заходів та поступовий занепад радіоекологічних досліджень. Втім за 30 років лісова радіоекологія в Україні отримала певні здобутки і сформувалася як певна частина загального лісівництва.

**Результати досліджень та їх аналіз.** Узагальнення наукових досліджень, які було проведено в Україні у лісових екосистемах, можна здійснити за основними напрямками.

**Вивчення особливостей радіоактивного забруднення лісів.** Радіоактивні частинки та аерозолі, які потрапили в атмосферу, спочатку під час вибуху реактора, а потім внаслідок підняття гарячими повітряними потоками (у реакторі тривалий час відбувалося горіння графіту) переносились повітряними масами у різних напрямках. Оскільки в період після аварії часто змінювався напрямок вітрів і як результат сформувалось чотири основні радіоактивні «сліди» випадань: північний, західний, північно-східний та південний. Ці «сліди» мали різну ширину, але в межах кожного з них було встановлено: зменшення рівнів радіоактивного забруднення лісових насаджень з віддаленням від зруйнованого реактора; не рівномірний, а плямистий характер осідання радіоактивних частинок та аерозолей на лісі; найбільш великі частинки осідали ближче від джерела аварійних викидів, а аерозолі були відне-

<sup>1</sup> КРАСНОВ Володимир Павлович – дійсний член Лісівничої академії наук України, завідувач кафедри екології, доктор сільськогосподарських наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, Україна. Тел.: 80412-41-52-47. E-mail: krasnov\_vp@mail.ru

сені на більшу відстань. Усі встановлені закономірності були важливі для розуміння загального стану радіоактивного забруднення лісів, що важливо для макропланування лісокористування та вжиття лісогосподарських заходів, а також для розуміння подальшої міграції радіоактивних елементів у лісових екосистемах і їх нагромадження у тих їх компонентах, які використовуються у процесі ведення лісового господарства (деревині, плодівих тілах грибів, дикорослих плодах, ягодах, лікарських рослинах).

Крім того, вже в перші дні, з часу аварії на ЧАЕС, дослідники відмітили значно вищі рівні радіоактивного забруднення сільськогосподарських угідь біля стін лісу, спрямованих до зруйнованого реактора, у самих лісових насаджень до 100 м вглибину, а також біля полязахисних смуг, груп дерев або окремо ростучих дерев серед поля. Це можна пояснити тим, що під впливом лісових насаджень кінетична енергія повітряних струменів зменшувалася, що призводило до «сухого» гравітаційного осадження радіоактивних частинок.

Дослідники встановили значну мозаїчність радіоактивного забруднення лісів на різних рівнях – областей, лісогосподарських підприємств, лісництв, лісових кварталів і таксаційних виділів. Це дуже ускладнювало ведення лісового господарства та лісокористування навіть в межах одного лісового кварталу, у якому могли бути таксаційні виділи, в яких не було жодних обмежень і в яких було заборонено будь-які лісогосподарські заходи.

Загалом було виявлено, що в зону радіоактивного забруднення потрапили лісові масиви всіх поліських областей України (північна частина) та деяких лісостепових і степових – Черкаської, Вінницької, Кіровоградської, Одеської, Хмельницької. Ці дослідження стали основою для розроблення рекомендацій з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення [2].

*Вивчення міграції радіонуклідів в основних типах лісових ґрунтів Полісся і Правобережного Лісостепу.* Після надходження радіоактивних частинок та аерозолів головним чином на поверхню верхнього (деревного) ярусу лісових екосистем, розпочалося їх поступове переміщення на нижні яруси рослинності та ґрунт. Встановлено, що деревним ярусом було затримано 50-95% радіонуклідів, які осіли на лісові екосистеми, але з часом, до зими цього ж року, 85-90% з них перемістилися на поверхню ґрунту. Це відбувалося завдяки дощам, які змивали радіонукліди на ґрунт, а також завдяки опаді листків та хвої дерев. Таким чином, ґрунт уже до кінця 1986 р. перетворився у своєрідну сміть радіоактивних елементів і став початковою ланкою, з якої відбувалася їх подальша міграція.

Як зазначено вище, у зону радіоактивного забруднення потрапили лісові масиви Полісся України, де переважають оторфовані, торф'яні та дерново-підзолисті різної зволоженості ґрунти, а також степової та лісостепової зон, де переважають чорноземи різних типів. Ґрунти Полісся характеризуються високою кислотністю (рН до 3,2), малим вмістом гумусу, дрібнодисперсних частинок, обмінних катіонів,

глинистих мінералів. Все це створює умови, за яких  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  характеризуються високою міграційною здатністю, а отже, існує висока ймовірність їх надходження до різних компонентів лісових екосистем. Чорноземи мають характеристики, які відрізняються від попередніх: значний вміст гумусу, глинистих мінералів, обмінних катіонів, дрібнодисперсних частинок, близька до нейтральної кислотність. Радіонукліди достатньо міцно зв'язуються у ґрунті, тому у дуже невеликій кількості мігрують трофічними шляхами. Встановлення цих особливостей розширило наші теоретичні знання щодо перерозподілу радіоактивних елементів у ґрунтах, а також дало змогу вченим зонувати територію лісів України за щільністю радіоактивного забруднення ґрунту та інтенсивністю міграції радіонуклідів у ньому. Останнє мало чисто прикладне значення, оскільки дало змогу більш ефективно проводити радіологічний контроль продукції лісового господарства.

У лісових екосистемах Полісся було проведено дослідження щодо перерозподілу радіонуклідів у ґрунтах різних типів лісорослинних умов. Було встановлено, що у соснових насадженнях на бідних піщаних ґрунтах досить тривалий час (12-16 років) основна кількість радіонуклідів зберігалась у лісовій підстилці і в міру її мінералізації, яка може тривати до 12 років, вони надходили до мінеральної частини ґрунту. У багатших лісорослинних умовах, скажімо сугрудів, де можуть переважати листяні деревні породи або їх частка у соснових деревостанах може бути значною, мінералізація лісової підстилки відбувається значно швидше, а отже, переміщення основної кількості радіонуклідів до мінеральної частини ґрунту триває від 1 до 2-3 років. Ця інформація у конкретні роки з часу аварії на ЧАЕС має теоретичне та практичне значення. У першому випадку відслідковуємо шляхи і темпи міграції радіоактивних елементів у лісовій екосистемі, у другому – розуміємо, які компоненти екосистеми, а отже, продукція, яку виготовляють з компонентів, може містити значні або, навпаки, мінімальні рівні вмісту радіонуклідів. Дослідники також встановили, що на одних і тих же типах ґрунтів (піщаних, супіщаних, суглинистих), але різної зволоженості відбувалася інтенсивніша міграція радіонуклідів у глибину ґрунту з часом у більш вологих умовах зростання. Ці відомості також мали теоретичне і практичне значення. Навіть теоретично можна було припустити (на основі цих даних), що у вологіших умовах радіонукліди будуть інтенсивніше надходити, скажімо, до рослин або грибів [2, 7].

*Вивчення розподілу сумарної активності радіонуклідів у компонентах лісових екосистем.* Відомо, що лісові екосистеми складаються з досить численних компонентів, які належать до всіх царств живих організмів. Дослідженнями було охоплено лише деякі з них – ґрунт і рослини. Серед останніх перевагу надавалось тим, які мали найбільшу фітомасу в тих чи інших фітоценозах. Дослідження здійснено у різних екологічних умовах з використанням прийнятої в Україні лісової типології, у насадженнях різного породного складу та віку.

Матеріали досліджень свідчать, що у лісових біогеоценозах дотепер основна кількість  $^{137}\text{Cs}$  сконцентрована у ґрунті. Однак цей розподіл у різних типах лісорослинних умов має свої специфічні риси. Так, у вологих борах, яким притаманні бідні піщані ґрунти, 86,27% сумарної активності радіонуклідів знаходиться у ґрунті. Значно більшу його частку виявлено у вологих сугрудах – 98,88%, для яких характерні відносно багаті супіщані ґрунти. Останні характеризуються більшим вмістом гумусу, глинистих мінералів та значно дрібнішим гранулометричним складом. Ці характеристики супіщаних ґрунтів вологих сугрудів забезпечують подальший розподіл радіонуклідів у компонентах фітоценозу. Встановлено, що у вологих сугрудах до деревних рослин мігрувало значно менше радіонуклідів, ніж у вологих борах. Так, у деревостанах вологих сугрудів у 2012 р. містилось лише 0,12%  $^{137}\text{Cs}$  від сумарної його активності у біогеоценозі. У вологих борах цей показник виявився у 62,3 раза більший (7,48%).

Відмічена закономірність для деревних порід підтверджується даними досліджень, отриманими для інших компонентів фітоценозів – питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах підросту, підліску, трав'яно-чагарничкового ярусу була значно вищою у вологих борах. Так, середня величина питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах підросту та підліску вологих борів виявилась 8790 Бк/кг, а вологих сугрудів – 81 Бк/кг (перевищення у 108,7 раза). У трав'яно-чагарничкового ярусу ці показники відповідно становили – 25611 і 2181 Бк/кг (перевищення в 11,7 раза).

Проведені дослідження вважають фундаментальними у лісовій радіоекології, але водночас вони мають прикладне значення, оскільки надають інформацію про рівні радіоактивного забруднення компонентів лісових екосистем, частина яких слугує для виробництва продукції лісового господарства [7].

*Розроблення моделей міграції радіонуклідів у лісових екосистемах з метою прогнозування рівнів радіоактивного забруднення їх компонентів.* Уже відомо про складність і багатокомпонентність лісових екосистем, а також наявність у них численних трофічних шляхів. Дослідження з вивчення перерозподілу радіонуклідів між їх компонентами, які було проведено у різні періоди з часу аварії на ЧАЕС, дали змогу створити схеми взаємодії компонентів у різних типах лісорослинних умов [8], а також прогнозні моделі їх радіоактивного забруднення [7].

*Вивчення перерозподілу радіонуклідів у лісових екосистемах після лісових пожеж, лісокультурних і лісозаготівельних робіт.* Вивчення перерозподілу радіонуклідів після лісових пожеж показало, що, залежно від інтенсивності пожежі, пришвидшується їх переміщення з лісового намету до ґрунту та більш інтенсивна міграція до мінеральної його частини і в межах ґрунтового профілю. З часом після відновлення лісових насаджень і рослинності відмічаються дещо вищі темпи надходження радіоактивних елементів з ґрунту до рослин. Дослідники зазначають, що у разі верхових пожеж відбувається вертикальний підйом легких, недогорілих частинок рослин і лісової підстилки, а отже, і радіонуклідів

та перенесення їх на інші площі. Втім, подібних досліджень в Україні не проводили.

Обробіток ґрунту під лісові культури в Україні частіше проводять двовідвальним плугом ПКЛ-70. При цьому знімають верхній шар ґрунту до глибини 20-25 см у борозні шириною 70 см та звалюють його на два боки (по 35-40 см). Враховуючи те, що основна кількість радіонуклідів міститься саме у верхніх шарах ґрунту, відбувається їх перерозподіл. Виявлено, що у борозні величина щільності радіоактивного забруднення наближається до нуля, а у місцях звалювання – збільшується до двох разів.

Щось подібне відбувається і на площах лісосік після суцільних рубок головного користування. У період трелювання деревини відбувається переміщення лісової підстилки і верхніх шарів мінеральної частини ґрунту з лісосік на прилеглі ділянки, що призводить до збільшення їх поверхневого радіоактивного забруднення. Спостерігається значне (на 25-50%) збільшення радіоактивності ґрунту в місцях спалювання лісосічних відходів.

Ці дослідження дали змогу обґрунтувати потребу проведення дієвого радіаційного контролю дикорослих ягідних і лікарських рослин, а також їстівних грибів [7].

*Вивчення міграції радіонуклідів у системі «ґрунт – кормові рослини – дикі копитні тварини» і виявлення особливостей нагромадження радіонуклідів.* Уже безпосередньо після аварії на ЧАЕС розпочалося надходження радіонуклідів до основних мисливських тварин лісів: козулі європейської (*Capreolus capreolus* L.), лося (*Alces alces* L.), дикого кабана (*Sus scrofa* L.). Це можна пояснити тим, що радіоактивні пил та аерозолі опускались на поверхню кормових рослин і ґрунту і після їх поїдання тваринами надходили в їх організми. З часом, після переміщення радіонуклідів у ґрунт і включення їх до геохімічних процесів вони, через кореневі системи, знову ж таки переміщались до тих рослин (ґрунтових тварин), яких поїдали мисливські тварини.

У процесі цих досліджень потрібно було прослідкувати темпи міграції радіонуклідів із ґрунту до вказаних тварин. Науковці розробили специфічну методику, яка полягала у щомісячному відстрілі тварин (лише козулі) за певних рівнів радіоактивного забруднення ґрунту (на трьох ділянках); вивченні структури раціону козулі європейської шляхом аналізу вмісту шлунку у відстріляних тварин; визначенні вагових співвідношень видів рослин за неперетравленими залишками шлунку в конкретні місяці року; встановленні радіоактивного забруднення цих рослин у конкретні місяці на постійних ділянках відстрілу тварин; встановленні вмісту радіонуклідів у різних органах та частинах козулі європейської. Загалом було встановлено наступні показники: ботанічний склад раціону тварин упродовж року; залежність радіоактивного забруднення кормових рослин від вмісту радіонуклідів у ґрунті на період їх вживання; залежність величини радіоактивного забруднення органів козулі європейської від вмісту радіонуклідів у кормових рослинах і щільності радіоактивного

забруднення ґрунту. На основі отриманих результатів розроблено конкретні рекомендації щодо перенесення термінів відстрілу тварин (виявилось значне радіоактивне забруднення козулі європейської у вересні – листопаді), а також рекомендовано види рослин для підкормки, в яких менше нагромаджуються радіонукліди [3].

*Вивчення санітарно-гігієнічних умов праці під час проведення лісогосподарських робіт.* Ці дослідження були пов'язані з потребою вивчення радіоактивності повітря під час виконання деяких лісогосподарських робіт: звалювання дерев під час рубок догляду за лісом і головного користування; обробітку ґрунту під лісові культури; підсочці лісу. Виявлено, що внаслідок проведення цих робіт відбувалось переміщення частини радіонуклідів, які були на поверхні ґрунту або у тріщинах кори дерев сосни звичайної у повітря. Надалі вони потрапляли у легені працівника, що могло призвести до перевищення встановлених доз опромінення. Було встановлено, що на територіях зі щільністю радіоактивного забруднення ґрунту 10-15 Кі/км<sup>2</sup>, де дозволено здійснення всіх лісогосподарських заходів, радіоактивність повітря підвищувалась у кілька разів [10]. Отримані результати досліджень дали підстави рекомендувати для проведення цих лісогосподарських робіт на певних територіях такі заходи: обладнання кабін тракторів спеціальними фільтрами для очищення атмосферного повітря; застосування респіраторів для підсочування лісу та проведення рубок; нормування тривалості робочого часу; проведення робіт взимку або у вологу погоду.

*Встановлення особливостей нагромадження радіонуклідів основними лісотвірними деревними породами.* Незважаючи на тривалий період (30 років), який минув з часу аварії на ЧАЕС, дослідники не прийшли до одностайної думки щодо інтенсивності нагромадження радіонуклідів різними деревними породами. Справа в тому, що низка лісотвірних деревних порід України – сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), осика (*Populus tremula* L.), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.), ростуть у різних типах лісорослинних умов. Як зазначено вище, наявна різна інтенсивність міграції радіонуклідів у різних типах ґрунтів. Крім того, всі ці види мають властиву тільки їм вибагливість до вологості ґрунту. Тому у різні роки, залежно від кількості опадів, в одній деревній породі спостерігається різна інтенсивність нагромадження радіонуклідів. Виділяють деревні породи, які найменше (дуб, осика) та найбільше (вільха, береза) нагромаджують радіонукліди. У всіх деревних породах найбільший вміст радіонуклідів встановлено у бруньках, листках і хвої, у внутрішній частині кори та однорічних пагонах. Водночас вивчення вмісту радіонуклідів у радіальних приростах деревини виявив найбільшу їх активність у річних кільцях, утворених після аварії на ЧАЕС і особливо за останні 15 років. Загалом встановлено зменшення величини питомої активності радіонуклідів у деревині від периферійної її частини до центру [7].

*Вивчення особливостей нагромадження радіонуклідів дикорослими ягідними та лікарськими рослинами лісів Полісся і Правобережного Лісостепу.* У лісах України росте багато різних ягідних та лікарських рослин, які місцеве населення використовує для власних потреб та для продажу. До аварії на ЧАЕС частина лісогосподарських підприємств заготовляла та переробляла дикорослі ягоди і гриби. Після аварії цей напрямок їх діяльності було припинено. Водночас потрібно було розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо експлуатації ресурсів ягідних і лікарських рослин.

Виявлено, що найбільш поширені види у лісах Полісся – чорниця (*Vaccinium myrtillus* L.), буяхи (*Vaccinium uliginosum* L.), брусниця (*Vaccinium vitis-idaea* L.), журавлина болотна (*Oxycoccus palustris* Pers.) – найбільшою мірою нагромаджують радіонукліди. Дослідники встановили інтенсивність нагромадження радіонуклідів кожним з видів у кожному типі лісорослинних умов залежно від щільності радіоактивного забруднення ґрунту. Подібні дослідження було проведено з 50 видами лікарських рослин [4, 5].

*Вивчення особливостей нагромадження радіонуклідів у плодових тілах основних їстівних грибів.* Плодові тіла їстівних грибів здавна і дотепер місцеве населення використовує в їжу. Водночас уже перші дослідження виявили значні рівні їх радіоактивного забруднення. Дослідники встановили, що інтенсивність поглинання радіонуклідів різними видами грибів відрізняється у дуже значних розмірах (у 30 разів). Подальші дослідження та розподіл грибів на екологічні групи за характером живлення та місцем розташування міцелію дав змогу розташувати їх у своєрідний ряд у порядку зменшення інтенсивності акумуляції радіонуклідів: мікоризоутворювачі > підстильні сапротрофи > гумусові сапротрофи > паразити кислотрофи. Утім, це дуже схематичний розподіл, оскільки виявилось, що один і той же вид з різною інтенсивністю нагромаджує радіонукліди в різних екологічних умовах. Дослідники встановили подібні закономірності, які характерні для деревних порід, дикорослих ягідних та лікарських рослин. Інтенсивність поглинання радіонуклідів була вищою у бідніших лісорослинних умовах та за більшої вологості ґрунту. Так, скажімо, величина коефіцієнта нагромадження <sup>137</sup>Cs із ґрунту у плодових тілах личички (*Cantharellus cibarius* Fr.) на бідних піщаних ґрунтах свіжих борів становила 4,8 ± 1,0, а у свіжих суборах – 1,2 ± 0,3 (у 4 рази менше). Окрім того, виявилось, що в одних і тих же лісорослинних умовах різні види грибів нагромаджують радіонукліди з різною інтенсивністю [6].

*Вивчення радіоактивного забруднення кормових рослин на лісових пасовищах і сінокосах.* Лісові землі всіх лісогосподарських підприємств Полісся України мають природні сінокоси та пасовища. Останні характеризуються низькою продуктивністю, оскільки розташовані на бідних піщаних ґрунтах. У цьому регіоні було досліджено просторове радіоактивне забруднення кормових угідь, а також інтенсивність акумуляції радіонуклідів головними кормовими рослинами на основних типах угідь. Дослідники також

встановили динаміку вмісту радіонуклідів у найпоширеніших кормових рослинах упродовж вегетаційного періоду та розробили пропозиції щодо їх використання для виробництва сіна [11].

*Розроблення технологій лісорозведення на територіях з високими рівнями радіоактивного забруднення ґрунту.* Після усвідомлення масштабів аварії та її наслідків у середовищі екологів виникла пропозиція щодо подальшого поводження із землями сільськогосподарського призначення на територіях, з яких було відселено місцеве населення. Пропонували залісити ці території, оскільки не очікувалось повернення людей упродовж дуже тривалого часу. Оскільки радіаційна ситуація на подібних площах була складна, пропонували розробити такі технології створення лісових культур, які забезпечували б мінімальну участь працівників лісового господарства. Було здійснено масштабні дослідження із застосуванням вертольотів під час посіву насіння деревних порід (на площах, на яких механізовано обробляли ґрунт), повною механізацією ліскокультурних робіт із застосуванням спеціально підготовленої техніки, гербіцидів.

*Вивчення можливостей зниження радіоактивного забруднення деревини у процесі технологічної перероблення.* Досліджуючи розподіл радіонуклідів у річних радіальних приростах деревини сосни звичайної, виявлено, що основна їх кількість міститься у деревині периферійної частини стовбура, яка почала формуватись після 1992 року. Це можна пояснити тривалим періодом їх переміщення з поверхні ґрунту до гумусово-елювіального горизонту. Ці матеріали дали підставу дослідникам рекомендувати використання внутрішньої частини стовбура, а відходи передавати на подальше перероблення [2]. Були проведені дослідження щодо подальшого перероблення забрудненої радіонуклідами деревини. Встановлено, що технологічний процес виготовлення деревної тріски дає змогу забезпечити практично повне видалення радіонуклідів з деревини. Водночас встановлено, що впровадження існуючих технологічних схем виробництва целюлози з радіоактивно забрудненої деревини економічно недоцільне [9].

*Розроблення методики визначення шкоди, завданої лісовим господарством, внаслідок аварії на ЧАЕС.* Лісогосподарська галузь зазнала значних втрат внаслідок аварії на ЧАЕС. Ці втрати головним чином полягали: у ліквідації лісогосподарських підприємств у 30-кілометровій зоні ЧАЕС і виведенні з лісогосподарського обігу лісів на площі 110,0 тис. га; забороні лісогосподарської діяльності за межами 30-кілометрової зони ЧАЕС на площі 40,8 тис. га; введених обмежень на використання деревини на площі 101,5 тис. га та недеревної продукції лісу на площі 1190,5 тис. га; у потребі фінансування протирадіаційних заходів та радіаційного контролю і т. ін. Дослідники розробили методику визначення шкоди, яку було завдано лісовому господарству, внаслідок аварії на ЧАЕС.

Навіть цей перелік основних питань свідчить про широту досліджуваних проблем. Отримані результати дали змогу, в основному, регламентувати ведення лісогосподарських робіт і ліскокористування на тери-

торіях, забруднених радіонуклідами, а отже – і забезпечити працівників лісогосподарського виробництва від можливого переопромінення і гарантувати випуск продукції в межах чинних нормативів.

Проведені на стаціонарах дослідження, а також матеріали контактного обстеження лісів на радіоактивне забруднення (усіх областей України) дали змогу вченим скласти перші українські «Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення» [12]. Вони значно відрізнялися від попередніх, які створили у 1986 р. науковці України, Росії та Білорусі, і містили: 1) характеристику радіаційної ситуації в лісах; 2) обґрунтування зонування лісів, забруднених радіонуклідами; 3) групування лісогосподарських підприємств України за рівнями радіоактивного забруднення ґрунту і можливими рівнями вмісту радіонуклідів у продукції лісового господарства; 4) пропозиції щодо ведення лісогосподарських та лісозаготівельних робіт із 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 лісогосподарську діяльність підприємств, що працюють на територіях, забруднених радіонуклідами після аварії на ЧАЕС.

Ліси у 30-кілометровій зоні ЧАЕС завжди потребували особливої уваги і специфічного ставлення. Це можна пояснити значними рівнями радіоактивного забруднення території, характером і особливостями радіоактивного матеріалу, що осів у зоні, а також радіонуклідним складом аварійних опадів. Наочним прикладом значних рівнів радіації після аварії були наявність «Рудого лісу», часткова загибель сосни звичайної в лісових культурах, відмирання бруньок у цієї ж породи, численні морфози багатьох деревних порід. Водночас, діапазон рівнів радіоактивного забруднення 30-кілометрової зони ЧАЕС досить значний. Він змінюється у значних межах, що створює можливість експлуатувати деревні ресурси, з одного боку, і категорично забороняти ведення лісового господарства, з іншого. Крім того, основна кількість насаджень зони – соснові монокультури, що, знову ж таки, потребує вжиття заходів з охорони лісу від пожеж, шкідників і хвороб. На початку 90-х років у зоні вигоріли значні площі лісів (17,0 тис. га), кілька тисяч гектарів були підтоплені. Ці явища можна пояснити відсутністю лісової охорони, оскільки лісогосподарські підприємства після аварії було ліквідовано. Лише після цих подій лісогосподарську діяльність було відновлено.

Для ведення лісового господарства у 30-кілометровій зоні ЧАЕС розроблено науково обґрунтовані «Тимчасові рекомендації по проведенню еколого-лісівничих заходів в лісах 30-км зони ЧАЕС». Основою рекомендацій були розподіл території на три зони за рівнями радіоактивного забруднення, а також система лісогосподарських заходів для кожної. Надалі ці рекомендації було доповнено новими науковими розробками.

**Висновки.** Нагромадження у постчорнобильський період значної кількості експериментального матеріалу, який стосується акумуляції та перерозподілу у лісових біогеоценозах техногенних радіонуклідів, стало науковою основою для повнішого пізнання механізмів і закономірностей біогеохімії радіоактивних елементів у таких складних екосистемах, якими є ліси. Крім того, багаторічні дослідження дали змогу виявити і кількісно охарактеризувати динаміку основних радіоекологічних параметрів у лісових біогеоценозах, таких як щільність радіоактивного забруднення ґрунту та питома активність радіонуклідів у компонентах екосистем (ґрунт, вищі рослини, мохи, лишайники, гриби, тварини). Усе перераховане вище підняло лісову радіоекологію на якісно новий рівень. Отримані результати дали змогу вирішити не тільки прикладні проблеми ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення, але й зробити істотний внесок у пізнання міграції хімічних елементів у біосфері.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Временные рекомендации** по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения / [Чилимов А.И., Сидоров В.П., Тихомиров Ф.А. и др.]. – М.: Гослесхоз СССР, 1988. – 48 с.
2. **Краснов В.П.** Радиоэкология лесов Полесья Украины: моногр. / Краснов В.П. – Житомир: Волинь, 1998. – 112 с.
3. **Радіоекологія козулі європейської** в Центральному Поліссі України. / [Краснов В.П., Шелест З.М., Орлов О.О. та ін.]; під ред. В.П. Краснова. – Житомир: Волинь, 1998. – 144 с.
4. **Краснов В.П.** Радиоэкология ягодных растений: моногр. / В.П. Краснов, А.А. Орлов. – Житомир: Волинь, 2004. – 264 с.
5. **Краснов В.П.** Радіоекологія лікарських рослин: моногр. / Краснов В.П., Орлов О.О., Гетьманчук А.І. – Житомир: Полісся, 2005. – 214 с.
6. **Краснов В.П.** Радиоэкология съедобных макромицетов: моногр. / Краснов В.П., Орлов А.А., Курбет Т.В. – Житомир: ПП «Рута» изд-ва «Волинь», 2006. – 220 с.
7. **Прикладная радиоэкология леса:** моногр. / [Краснов В.П., Орлов А.А., Бузун В.А., Ландин В.П., Шелест З.М.] – Житомир: Полісся, 2007. – 680 с.
8. **Ковальчук А.М.** Математичне моделювання міграції  $^{137}\text{Cs}$  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: зб. наук. праць. – 2002. – № 2. – С. 59-70.
9. **Рекомендації щодо зниження вмісту радіонуклідів** у деревині при переробці на тріску та целюлозу / [Лисиченко Г.В., Шабалін Б.Г., Дюкарев О.П. та ін.]. – К., 1997. – 30 с.
10. **Мазепа М.Г.** Определение радиоактивности воздуха на лесосеке при проведении рубок ухода /

Материали Всесоюз. науч. конф. «Основы организации и ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения» [Гомель: БелНИИЛХ] // М.Г. Мазепа. – Гомель, 1990. – С. 36.

11. **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.

12. **Рекомендации по ведению** лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения / [Краснов В.П., Орлов А.А., Иркиенко С.П. и др.]; под ред. В.П. Краснова. – К., 1995. – С. 64.

*В.П. Краснов*

#### РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ УКРАИНЫ

До аварии на Чернобыльской АЭС в Украине не существовало нормативных документов или рекомендаций, в которых оговаривались бы режимы работы работников лесного хозяйства с целью обеспечения радиационной безопасности, мероприятия по ведению лесного производства в условиях радиоактивного загрязнения, регламентация использования ресурсов леса на территориях, загрязненных радионуклидами.

Научные исследования, которые были проведены в Украине в лесных экосистемах, можно обобщить по направлениям: изучение особенностей радиоактивного загрязнения лесов; изучение миграции радионуклидов в основных типах почв лесов Полесья и Правобережной Лесостепи; изучение распределения суммарной активности радионуклидов в компонентах лесных экосистем; разработка моделей миграции радионуклидов в лесных экосистемах с целью прогнозирования величин радиоактивного загрязнения их компонентов; изучение перераспределения радионуклидов в лесных экосистемах после лесных пожаров, лесокультурных и лесозаготовительных работ; изучение миграции радионуклидов в системе «почва – кормовые растения – дикие копытные животные», выявление особенностей радиоактивного загрязнения органов диких копытных животных и некоторых промысловых птиц; изучение санитарно-гигиенических условий труда в процессе проведения лесохозяйственных работ на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению; установление особенностей в накоплении радионуклидов основными лесобразующими древесными породами и их распределение в частях и органах деревьев при различных уровнях радиоактивного загрязнения почвы, в разных типах лесорастительных условий; изучение особенностей накопления радионуклидов дикорастущими ягодными и лекарственными растениями лесов Полесья и Правобережной Лесостепи при различных уровнях радиоактивного загрязнения почвы и в различных

типах лесорастительных условий; изучение особенностей накопления радионуклидов в плодовых телах основных съедобных грибов при различных уровнях радиоактивного загрязнения почвы и в различных типах лесорастительных условий; изучение радиоактивного загрязнения кормовых растений на лесных пастбищах и сенокосах; разработка технологий лесоразведения на территориях с высокими уровнями радиоактивного загрязнения почвы; изучение возможностей снижения радиоактивного загрязнения древесины в процессе технологической переработки; разработка методики определения ущерба, понесенного лесным хозяйством, в результате аварии на ЧАЭС.

Проведенные исследования позволили ученым составить «Рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения». Это были первые рекомендации, которые полностью регламентировали лесохозяйственную деятельность предприятий, работающих на территориях, загрязненных радионуклидами после аварии на ЧАЭС. Для ведения лесного хозяйства в 30-километровой зоне ЧАЭС были разработаны «Временные рекомендации по проведению эколого-лесоводственных мероприятий в лесах 30-км зоны ЧАЭС».

**Ключевые слова:** лесные экосистемы, радионуклиды, удельная активность радионуклида, радиоактивное загрязнение, реабилитация лесов

*V. Krasnov*

## RADIOECOLOGICAL INVESTIGATIONS IN FOREST ECOSYSTEMS OF UKRAINE

Before Chernobyl accident there were neither normative documents nor recommendations which could regulate working conditions at forestries to ensure radiation safety, as well as there were no measures on forestry activities in the conditions of radiation contamination and no regulations on the forest resources use on the territories contaminated by radionuclides.

Research investigations conducted in the forest ecosystems in Ukraine can be generalized into three directions: study of forest radiation contamination

features; study of radionuclides migration in the main types of forest soils in Polissia and in the right coast Forest-Steppe; study of radionuclides total activity distribution in the components of forest ecosystems; development of the radionuclides migration models in forest ecosystems to make prognosis of radioactive contamination of these ecosystems' components; study of radionuclides redistribution in forest ecosystems after forest fires, as well as after forest cultural works and logging; study of radionuclides migration in the system – “soil – fodder plants – wild hoofed animals” and detection of the features of radiation contamination of hoofed animals' organs and of some industrial birds; study of sanitary-hygienic working conditions in the process of forestry activity on the radiation contaminated territories; identification of the features of radionuclides accumulation in major forest forming tree species; radionuclides distribution in tree's parts and organs under different levels of soil radioactive contamination in different forest conditions; study of the features of radionuclides accumulation in wild berries and medicinal plants in Polissia forests and in the right coast Forest-Steppe under different levels of soil radioactive contamination in different forest conditions; study of features of radionuclides accumulation in fruit bodies of edible mushrooms under different levels of soil radioactive contamination in different forest conditions; radionuclides contamination of fodder plants in forest pastures and hayfields; development of forestation technologies on the territories with high levels of soil radioactive contamination; study of possible reduction of wood radioactive contamination in the process of technological processing; development of the method to estimate losses the forestries suffered from after Chernobyl accident.

The conducted studies allowed developing “Recommendations on the forestry activity in the condition of radiation contamination”. It was the first document to regulate forestries activity on the territories contaminated by radionuclides after Chernobyl accident. “Interim recommendations on environment-forestry measures in 30 km Chernobyl zone forests” were worked out to regulate forestries functioning in 30 km Chernobyl zone.

**Key words:** forest ecosystems, radionuclides, radionuclide specific activity, radioactive contamination, forests rehabilitation