

УДК[504.5:502.521]:630

І.М. Трохимчук

## ЛІСОРОЗВЕДЕННЯ НА РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНІЙ ТЕРИТОРІЇ

*Лісова екосистема є особливим видом екосистем, що міцно утримує радіонукліди. Ліс може впливати на міграцію радіонуклідів у глобальному масштабі. Радіонукліди, що осідають на кронах дерев, під впливом атмосферних опадів і внаслідок опадання листя переміщуються в лісову підстилку і залучаються до основних біоекологічних процесів. Саме тому для лісгосподарської практики надзвичайно важливим є виявлення закономірностей накопичення радіонуклідів різними видами рослин.*

*Накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у складових компонентах лісових біоценозів визначається надходженням радіонуклідів при кореновому живленні рослин. При цьому, ґрунт та органічний опад є основним місцем зосередження радіонуклідів у біогеоценозі. Значну роль у перерозподілі радіонуклідів відіграє моховий покрив. Завдяки розкладу органічного опаду відбувається поступове заглиблення радіонуклідів у мінеральну частину ґрунту. Кількісні характеристики цього процесу відрізняються між собою в залежності від типів лісорослинних умов.*

*Досить важливу роль для величини швидкості вертикальної міграції відіграє ступінь зволоженості ґрунтів. Із зростанням вологості інтенсивність міграції радіонуклідів у них зростає. Відповідно збільшується вміст  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій підстилці.*

*Важливим чинником у перерозподілі радіонуклідів між лісовою підстилкою та мінеральною частиною ґрунту є склад насадження. Інтенсивність надходження та нагромадження радіонуклідів у складових компонентах соснових насаджень також залежить від типів лісорослинних умов. Лісорослинні умови відіграють значну роль при накопиченні  $^{137}\text{Cs}$  в тканинах та органах деревних видів. В гігротопному ряді забрудненість тканин та органів зростає від свіжих до сирих умов, а в трофотопному ряді (від борів до сугрудків), навпаки – їх забрудненість зменшується. Вміст радіонуклідів у шарах деревини зменшується від периферії до центру стовбура.*

**Ключові слова:** лісорозведення, лісові екосистеми, деревний ярус, надземна фітомаса, радіобіоекологічні дослідження, радіонукліди, міграція радіонуклідів.

**Постановка проблеми.** Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС відбулося радіоактивне забруднення значних площ лісів України. Ліси виконали свої природні функції і захистили населені пункти та сільськогосподарські угіддя від ще більшого радіоактивного забруднення. Значна кількість радіонуклідів, акумульована у лісових масивах після аварії на ЧАЕС, призвела до того, що перед людиною постали організаційні, економічні, лісівничі, екологічні та соціальні проблеми, з якими вона раніше не стикалася [1;2]. Значне радіоактивне забруднення лісів створило умови, за яких неможливе традиційне ведення багатоцільового лісового господарства. Необхідні наукові основи лісокористування, які б врахували наявність радіаційного фактору. Вони можуть бути спрямовані у багатьох напрямках, але в сумі повинні вирішувати проблему створення безпечних умов праці та отримання продукції, радіоактивне забруднення якої не перевищує допустимі рівні [3].

Найбільше від радіоактивного забруднення постраждали ліси Житомирської, Рівненської, Київської, Чернігівської і Волинської областей. У цьому регіоні України зосереджено майже 40% лісових площ держави, на які припадають значні обсяги заготівлі деревини, харчової і технологічної сировини [4].

Виявлення закономірностей поведінки радіонуклідів у лісових екосистемах – це досить складний і довготривалий дослідницький процес. Адже територія, що уражена аварійними викидами, має значні відмінності у кліматичних умовах, характеризується різноманітними ґрунтами та рослинним покривом. Лісові біоценози – це складні

комплекси з багатьох видів флори та фауни, які в свою чергу, відрізняються своїми біологічними та екологічними особливостями. Ще більш складними є взаємовідносини цих видів, котрі також відрізняються своєю своєрідністю та специфічністю у різних екологічних умовах [5; 6; 7].

Складність радіоекологічних досліджень у лісових екосистемах пояснюється ще й тим, що існує досить значна мозаїчність радіоактивного забруднення як значних територій, так і невеликих площ. Це призводить до надзвичайно великої розбіжності отриманих результатів. Питання ускладнюється також ще й тому, що існує відмінність у формах надходження радіонуклідів на ті чи інші площі, що в основному пов'язано із відстанню від джерела аварійних викидів.

Різноманітними службами радіологічного контролю в Україні, зокрема і в Рівненській області, відмічено значне радіоактивне забруднення лісів Полісся України після трагедії на Чорнобильській АЕС. В лісових екосистемах почали проводитися широкі радіобіоекологічні дослідження, які охопили всі компоненти лісових екосистем. Але лише невелика кількість досліджень була безпосередньо присвячена вивченню переходу радіонуклідів до рослин, особливостей накопичення та утримання радіонуклідів у частинах рослин. Одночасно проводяться дослідження лікарських рослин та сировини на ступінь її радіоактивного забруднення. Більшість уваги приділяється саме північним районам області, оскільки вони є більш радіоактивно забрудненими порівняно з південними [8; 9].

Радіоактивне забруднення лісів призвело не тільки до обмежень у використанні продукції лісового господарства, а й до змін в організації і в технологіях проведення лісгосподарських робіт.

Радіаційна ситуація у забруднених радіонуклідами лісах змінюється досить повільно. Враховуючи факти, що дезактивація лісових площ існуючими методами неможлива, а лісові насадження дуже міцно утримують радіонукліди, основну частину у радіаційному забрудненні складають довгоживучі  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ , проблеми з веденням лісового господарства на забруднених аварійними викидами територіях будуть тривалими, а використання продукції лісового господарства на значних площах – проблематичним [10].

Вже нині певну частку забруднених радіонуклідами лісових площ можна використовувати для заготівлі тієї чи іншої продукції лісового господарства, а також проведення деяких лісгосподарських робіт, що були раніше заборонені.

Питання реабілітації лісів на забруднених радіонуклідами територіях необхідно розглядати як складову загальної проблеми реабілітації площ, постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та мінімізації її наслідків. З цією метою в першу чергу необхідно розробити критерії та методологічні основи реабілітації лісів. Саме від цих розробок залежатиме об'єктивність вжитих заходів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Наукові основи розробки та застосування методів дезактивації в умовах радіоактивного забруднення у світовій практиці ведення лісового господарства не розроблялися. Відомі роботи Р.М. Алексахіна (1977), Ф.О. Тихомірова (1990), М.А. Нарішкіна (1973), В.М. Кулікова (1975), І.В. Молчанової (1990), В.А. Гайченко (1996), О.І. Щеглова (1994), В.П. Краснова (1994, 1996) та інших авторів щодо вивчення міграції радіонуклідів у лісових екосистемах, їх накопичення в компонентах лісових біоценозів. Але вони тільки опосередковано та фрагментарно торкаються продукції лісового господарства. В той же час практика ведення лісового господарства потребує конкретних практичних розробок, котрі б чітко регламентували використання продукції та шляхи зменшення вмісту дозоутворюючих радіонуклідів на уражених радіоактивними

викидами територіях. Звичайно такі розробки повинні ґрунтуватися на результатах широких наукових досліджень.

**Мета статті.** Виявлення закономірностей поведінки радіонуклідів у лісових екосистемах та вивченні особливостей процесу лісорозведення на радіаційно - забрудненій території.

### Виклад основного матеріалу

В залежності від екологічних умов деревний ярус може відігравати різну роль у розподілі  $^{137}\text{Cs}$  в лісових екосистемах. При цьому його едифікаторна та відносна геохімічна роль є найбільшою в умовах, близьких до оптимальних для зростання головних лісоутворюючих порід (сосни, дуба, берези) у свіжих та вологих суборах, сугрудках та грудках, зменшуючись у несприятливих умовах сухих борів та мокрих борів, де частка інших ярусів рослинності в утриманні активності  $^{137}\text{Cs}$  перевищує таку деревостану.

Геохімічна роль різних ярусів лісової рослинності значно варіює і позитивно корелює з фітомасою на одиниці площі. За останні десять років спостерігається збільшення сумарного вмісту радіоактивних елементів у деревині лісових порід, що призводить до збільшення ймовірності отримання продукції, яка перевищує гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у деревині та продукції з такої деревини.

В цілому на дослідній ділянці лісництва Дубровицького району Рівненської області встановлено зростання понад 20 видів вищих судинних рослин, які застосовуються у деревообробній промисловості.

Нами були вибрані три види з метою вивчення стану накопичення  $^{137}\text{Cs}$  та доцільності їх заготівлі як промислової сировини: дуб звичайний (*Quercus robur* L.), береза повисла (*Betula pendula*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.). Розподіл сумарної активності  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій екосистемі стиглого соснового лісу у свіжому бору має специфічний характер. Одержані дані свідчать, що нині найбільша частка сумарної активності  $^{137}\text{Cs}$  екосистеми (76,48%) зосереджена у ґрунті, в тому числі 18,09% – у лісовій підстилці та 58,39% – у мінеральних шарах ґрунту. Відповідно, компоненти надземної фітомаси ценозу утримували 23,52% валового запасу  $^{137}\text{Cs}$  лісової екосистеми.

У зв'язку із значною фітомасою частка деревного ярусу у розподілі  $^{137}\text{Cs}$  в екосистемі є визначальною серед компонентів фітоценозу – 13,71%.

Порівняльний аналіз отриманих даних свідчить, що частка деревини в утриманні  $^{137}\text{Cs}$  деревостану в цілому є значно меншою порівняно з розподілом фітомаси. Натомість, частка фізіологічно активних тканин і органів (однорічних пагонів, однорічної хвої та кори внутрішньої з лубом) є значно більшою, причому переважно за рахунок значно вищої питомої активності радіонуклідів у них.

Компоненти крони, крім найтовстіших гілок, у найбільш типових випадках входять до лісосічних залишків, які збирають на купи та згодом spalюють. Таким чином, правомірно констатувати, що 47,21% сумарної активності  $^{137}\text{Cs}$  надземної частини деревостану залишаються на зрубі, в тому числі гілки товсті – 18,49%; гілки тонкі – 13,46%; пагони однорічні – 2,49% та хвоя різного віку – 12,78%.

На основі отриманих результатів радіологічного дослідження, вміст радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  у дуба звичайного (*Quercus robur* L.) становить в середньому 1786 Бк/кг; сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) 2394 Бк/кг; берези повислої (*Betula pendula*) – 1590 Бк/кг.

На території досліджуваного лісництва спостерігається перевищення допустимих рівнів у сосни майже у 3,5 рази, сировини дуба та берези лише у два рази. Тому, заготівля цих видів для сировини на території даного лісництва має бути заборонена та

суворо контролюватись з метою недопущення розповсюдження та продажу рослинної продукції.

Значне погіршення санітарного стану радіоактивно забруднених насаджень поступово може призвести до втрат продуктивності деревостанів, а несвоєчасне використання стиглого лісу – до зниження якості деревини, збільшення пожежної небезпеки та створення потужних осередків шкідників і хвороб лісу. Для стабілізації і покращення ситуації необхідно переходити до реалізації комплексу активних лісогосподарських заходів з урахуванням темпів природних процесів самоочищення біогеоценозів і зміни радіаційної ситуації [6].

Таким чином, у лісових екосистемах відбуваються стійкі різнонаправлені процеси міграції техногенного  $^{137}\text{Cs}$  у компонентах екосистем й очищення одних та збільшення радіоактивного забруднення інших. Це дозволяє прогнозувати вміст  $^{137}\text{Cs}$  та інших техногенних радіонуклідів у компартментах лісових екосистем, а також можливість реабілітації певних ділянок лісу. В Україні на лісотипологічній основі нині активно розробляється автоматизована модель міграції  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах хвойних лісів, яка дозволяє прогнозувати радіоактивне забруднення будь-якого компонента лісової екосистеми з прийнятною точністю.

### **Висновки і перспективи подальших досліджень**

Згідно з наведеними вище даними можна сформулювати такі основні особливості ураження складових лісового фітоценозу  $^{137}\text{Cs}$ :

1. Найбільший ступінь забруднення демонструють чагарникові і трав'янисті рослини, тобто рослини, у яких основна маса кореневої системи розташована у верхньому (5-20 см) шарі ґрунту, де сконцентровано до 90% радіонуклідів, а також гриби. Дані організми зазвичай є швидкоростучими і короткоживучими видами, тому зміна концентрації  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у системі „ґрунт - чагарникові рослини” характеризується певною циклічністю (завдяки поверненню радіонуклідів разом з відмерлими рослинами у ґрунт і лісову підстилку).

2. Різні види деревних рослин по різному накопичують радіонукліди. Скажімо, дуб та граб, які є породами з малим щорічним приростом деревини, демонструють інтенсивність випромінювання в межах 0-60 Бк/кг; осика і береза (тобто більш швидкоростучі рослини з менш розвинутою кореневою системою) - 0-100 Бк/кг; сосна - 70-500 Бк/кг. Загалом, хвойні дерева набагато активніше накопичують  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ , ніж листяні породи (вони є більш швидкоростучими, окрім того важливу роль в накопиченні нуклідів відіграє хвоя).

3. Спостерігається загальне зниження ступеня забрудненості різних складових лісової екосистеми за рахунок часткового розпаду  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  (виняток становлять лише певні ділянки, у яких внаслідок підтоплення чи пожеж вміст  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у багатьох компонентах відчутно зріс).

4. Шляхи очищення лісових екосистем від радіонуклідів є досить різносторонніми - від регулювання кругообігу радіонуклідів внесенням добрив до використання власних унікальних особливостей лісу, щодо фіксації  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  або переведення їх у нерозчинні необмінні форми. При правильному і раціональному використанні ці способи можуть справити значний вплив на радіаційну безпеку як Рівненської області, так і для всієї України.

## Література

1. Андриєнко Т.Л., Г.М. Антонова, А.В. Єршов. Край лісів та імлістих боліт. – Львів: Каменяр, 1988.
2. Погребняк П.С. Лісова екологія і типологія лісів. – К.: Наукова думка, 1993. – 495 с.
3. Криволюцкий Д.А. и др. Действие ионизирующей радиации на биогеоценозы. – М.: Наука, 1988. – 240 с.
4. Геохимия техногенных радионуклидов / Под. ред. Э.В. Собонович, Г.Н. Бондаренко. – К.: "Наукова думка", 2002. – 334 с.
5. Трапезников А.В., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Трапезникова В.Н. Миграция радионуклидов в пресноводных и наземных экосистемах (в 2-х томах) – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. – 880 с.
6. Краснов В.П. Радиоэкология лісів Полісся України. – Житомир: 1998.
7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) Державні гігієнічні нормативи. – К.: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 120 с.
8. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді (ДР-97). – К., 1997. – 34 с.
9. Gudkov I.V., Vinichuk V.V. Radiobiology & Radioecology. – K.: NAUU, 2006. – 295 p.
10. Radioecology: Radioactivity & Ecosystems / Eds. E. Van der Stricht and R. Kirchmann. – Belgium: Printed by Fortempts, 2001. – 602 p.

## References

1. Andrienko T.L., Antonova G.M., Ershov A.V. (1988). *The land of forests and foggy swamps*. Lviv: Kamenyar (in Ukr.)
2. Pogrebnyak P.S. (1993). *Forest ecology and typology of forests*. K.: Naukova dumka (in Ukr.)
3. Krivolutskiy D.A. and others. (1988). *The action of ionizing radiation on biogeocoenosis*. M.: Nauka (in Russ.)
4. Sobotovich E.V., Bondarenko G. N. (2002). *Geochemistry of man-made radionuclides*. K.: Naukova dumka (in Russ.)
5. Trapeznikov A.V., Molchanova I.V., Karavaeva E.N., Trapeznikova V.N. (2007). *Radionuclides migration in freshwater and ground ecosystems (2 Volumes)*. Ekaterinburg: Published in Ural. Un-ty (in Russ.)
6. Krasnov V.P. (1998). *Radioecology of Polissya forests of Ukraine*. Zhytomyr (in Ukr.)
7. *State hygiene norms (1997). Norms of radiation safety of Ukraine (NRSU-97)*. K.: Department of printing industry of Ukrainian center of State Sanitary and Epidemiology Control of Ministry of Health of Ukraine (in Ukr.)
8. *State hygiene norms (1997). Acceptable levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  radionuclides contents in the food and drinking water (DR – 97)*. K (in Ukr.)
9. Gudkov I.V., Vinichuk V.V. (2006). *Radiobiology & Radioecology*. K.: NAUU
10. E. Van der Stricht, R. Kirchmann. (2001) *Radioecology: Radioactivity & Ecosystems*. Belgium: Printed by Fortempts

### **Summary. Trohymchuk I. Afforestation on the radiation contaminated territory.**

**Introduction.** A significant amount of radionuclides which is accumulated in the forestry after Chornobyl nuclear power station disaster caused necessity of solving such problems as organizational, economical, forestry, ecological and social which human has never faced before.

**Purpose.** Detecting of regularity of radionuclides behavior in forest ecosystems and studying features of afforestation process on the radionuclides contaminated territory.

**Results.** Detecting of regularities of radionuclides migration in the forest ecosystems is rather complicated and time-consuming research process. We selected three kinds of wooden circle with the aim of studying of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation condition and advisability of their stocking as industrial raw materials: English Oak (*Quercus robur* L.), Silver Birch (*Betula pendula*), Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). Obtained data demonstrates that the biggest part of total activity of  $^{137}\text{Cs}$  of ecosystem (76,48%) is concentrated in the soil, including 18,09% – in the forest bedding and 58,39% – in mineral layer of soil. Accordingly, components of above-ground phytomass coenosis retained 23,52% of gross margin of  $^{137}\text{Cs}$  of forest ecosystem.

Due to considerable phytomass the part of wooden circle in contributing of  $^{137}\text{Cs}$  in the ecosystem is defining among components of phytocoenosis and it is – 13,71%. Based on the results of radiological research the contents of radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  in English Oak (*Quercus robur* L.) is in

average 1786 Bq/kg; Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) 2394 Bq/kg; Silver Birch (*Betula pendula*) – 1590 Bq/kg.

**Originality.** Comparative analysis of obtained data indicates that part of wood in retaining of  $^{137}\text{Cs}$  of wooden mass generally is much less in comparison with phytomass distribution. In return the part of physiologically active materials and organs (one-year shoots, one-year needles and inner bark with phloem) is much bigger, moreover, mainly due to higher specific activity of radionuclides in them.

**Conclusion.** The bush plants and herbaceous plants and also mushrooms demonstrate the highest degree of contamination which has the main mass of root system in upper (5-20 cm) soil layer where up to 90 % of radionuclides are concentrated. General decreasing of contamination level of different components of forest ecosystem is observed due to partial decay of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  (only some parts are exclusion in which the content of  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  in many components increased significantly as a result of flood or fire).

The ways of filtering of forest ecosystems from radionuclides are versatile – starting from regulation of radionuclides circulation with fertilization to using of forest own unique features as to fixating  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  or transferring them to into insoluble, non-changing forms.

**Key words:** afforestation, forest ecosystems, wood circle, above-ground biomass, radiobioecological research, radionuclides, radionuclides migration.

#### **Рівненський державний гуманітарний університет**

Одержано редакцією                      14.10.2015  
Прийнято до публікації                    29.10.2015