

Иващенко И.Е. Сезонное развитие *Thuja plicata* Don. в условиях Правобережной Лесостепи Украины

Исследованы особенности сезонного развития в условиях интродукции вида *Thuja plicata* Don. Определена последовательность прохождения фенологических фаз начала и завершения вегетации в условиях Правобережной Лесостепи Украины. Установлена зависимость роста и развития вегетативных и генеративных органов вида от природно-климатических условий окружающей среды в регионе исследования.

Ключевые слова: *Thuja plicata*, фенологические наблюдения, рост, развития, период вегетации, период покоя.

Ivaschenko I.Ye. Seasonal development of *Thuja plicata* Don. in the conditions of Right-bank Forest-steppe of Ukraine

The features of seasonal development are researched in the conditions of introduction of type of *Thuja plicata* of Don. The sequence of passing of phenological phases of beginning and completion of vegetation is ascertained in the conditions of Right-bank Forest-steppe of Ukraine. Dependence of height and development of vegetative and genic organs of the kind on the natural and climatic terms of environment in the region of research is shown.

Keywords: *Thuja plicata*, phenological supervisions, height, development, vegetation period, dormant period.

**УДК 551.521 Ст. наук. співроб. О.Л. Бойко – Київська ЛНДС УкрНДЛГА
ЗАКОНОМІРНОСТІ АКУМУЛЯЦІЇ ¹³⁷CS ДЕРЕВНИМ ЯРУСОМ СОС-
НОВО-ДУБОВИХ ЛІСІВ У ВОЛОГИХ СУГРУДАХ
УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ**

Вивчено акумуляцію ¹³⁷Cs у тканинах та органах головних деревних порід у вологому сугруді Українського Полісся. Показано, що в цих лісорослинних умовах дуб звичайний значно інтенсивніше нагромаджує радіонуклід (в 1,3-3,0 рази більше у відповідних компонентах) порівняно зі сосною звичайною. Зроблено висновок про те, що максимальною інтенсивністю нагромадження ¹³⁷Cs характеризуються найбільш фізіологічно активні тканини та органи дерев: пагони однорічні, хвоя (листя), кора внутрішня з лубом.

Ключові слова: ¹³⁷Cs, питома активність, вологий сугруд, сосна звичайна, дуб звичайний, тканини та органи, Українське Полісся.

Постановка проблеми. Деревний ярус є головним, едифікаторним у лісових екосистемах, тісно взаємодіючи з лісовим ґрунтом, саме він визначає особливості біогеохімічних циклів, зокрема радіоактивних елементів, у лісових екосистемах та одночасно саме він є джерелом головної продукції лісового господарства – деревини. Тому закономірностям радіоактивного забруднення компонентів деревного ярусу ми приділили особливу увагу.

Акумуляція ¹³⁷Cs тканинами та органами деревних рослин є складним процесом, який визначається комплексом факторів. Але у сучасний, віддалений післяаварійний період, за умов, коли головним шляхом надходження радіонуклідів до організму деревних рослин є кореневий, саме взаємодія корневих систем деревних порід з ґрунтом є головною передумовою нагромадження радіонукліду в організмі дерев, що визначається ландшафтно-геохімічними умовами території. Іншим важливим фактором, який істотно впливає на перерозподіл радіонукліду між тканинами та органами дерева, є його

транслокація з током живильних речовин у рослині, виділення частини ¹³⁷Cs назовні у ґрунт кореневою системою та ін. Проте, з роками після аварії, чітко проявляється необхідність актуалізації отриманих раніше даних, на що й спрямоване це дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Акумуляції радіонуклідів компонентами деревостанів дослідниками приділено особливу увагу. Зокрема, М.В. Мітін [8] для болотних сосняків Білоруського Полісся навів дані про те, що у 1990 р. найбільша питома активність ¹³⁷Cs була характерною для кори, дуже близькі показники до неї мали однорічні пагони та 1-річна хвоя. Вміст радіонукліду у 2-річній хвої був у 2,2-3,2 раза меншим порівняно з однорічною, а у деревині – на порядок меншим. На цих самих стаціонарах у 1999 р. розподіл ¹³⁷Cs по тканинах та органах *Pinus sylvestris* був іншим: хвоя 1-річна; пагони > кора > хвоя 2-річна > деревина.

Колектив науковців [6, 7] проаналізував величини КН ¹³⁷Cs у органах *Pinus sylvestris* та *Betula pendula* Білоруського Полісся. Було показано, що у *Betula pendula* величини КН ¹³⁷Cs були вищими у 1,2-7 разів у таких органах, як дрібні корені та великі корені, листя (хвоя), а нижчурці – у стовбурці та гілках (у 1,2-1,4 раза). Середньозважене значення питомої активності ¹³⁷Cs у дереві загалом було у *Betula pendula* вищим у 1,9 раза порівняно із *Pinus sylvestris*, а сумарний винос радіонукліду – вищим у 3,6 раза.

Дослідники [12] продемонстрували значно вищий вміст ¹³⁷Cs у різних компонентах фітомаси гілок у смереки (*Picea abies*) порівняно із стовбуровою деревиною. Подібні дані також отримали фінські дослідники [13], які показали, що у хвої *Picea abies* and *Pinus sylvestris* у 1987-1991 рр. вміст ¹³⁷Cs був значно вищим порівняно з іншими органами дерева, а також те, що протягом цього періоду питома активність ¹³⁷Cs у хвої зростала, що, вірогідно, відбиває процеси вертикальної міграції доступних форм ¹³⁷Cs у ґрунті. Також важливим висновком цих дослідників [13] є значна роль перерозподілу ¹³⁷Cs між тканинами та органами хвойних дерев. Так, відбувається значний потік ¹³⁷Cs з внутрішньої кори до флоєми, а потім – до однорічної хвої.

Інші дослідники [11] також наголосили на високій мобільності ¹³⁷Cs у деревних рослинах, у яких відбувається складний перерозподіл радіонукліду між багаторічними частинами дерев та молодими, активно ростучими частинами, зокрема між листям та однорічними пагонами.

Вчені [3] для 11-річних дерев *Pinus sylvestris* навели такий рангований ряд органів дерева за величиною КП ¹³⁷Cs: хвоя 1-річна (86,5 м²кг⁻¹10⁻³) > однорічні пагони (61,2) > хвоя 2-річна (30,5) > кора внутрішня (28,6) > гілки (15,8) > деревина стовбура (11,1) > кора зовнішня (10,2). Ці дослідники показали, що частка ¹³⁷Cs, зв'язаного з водорозчинними органічними речовинами, у різних органах істотно відрізняється – від 78,6 % у однорічних пагонах до 21,1 % у корі зовнішній. Зроблено важливий висновок про те, що коефіцієнт кореляції між вмістом води в органах *Pinus sylvestris* та питомою активністю ¹³⁷Cs є тісним (r=0,71), це свідчить про активну участь радіонукліду у процесах метаболізму.

Б.І. Якушев [14] для *Pinetum pleuroziosum* на дерново-опідзолених супіщаних ґрунтах навів дані про те, що за величиною КП ¹³⁷Cs органи дерев

утворювали такий рангований ряд: кора ($7,70 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$) > хвоя (4,51) > гілки (3,11) > деревина (1,07). У цьому ж ценозі, але на дерново-опідзолених піщаних ґрунтах, у сосни органи за величиною КП ^{137}Cs розміщувалися у аналогічному рангованому ряду, але були значно нижчими: 6,74; 3,26; 0,65 та $0,25 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$ відповідно.

К.Й. Йохансон, М.Й. Долгілевич [4] у Овруцькому районі Житомирської області проаналізували вміст ^{137}Cs у 10-літніх деревах та зробили висновок про те, що фізіологічно активні органи *Pinus sylvestris* характеризувалися найвищим вмістом: хвоя однорічна > однорічні пагони > хвоя дворічна. Відповідно, максимальну величину КП ^{137}Cs спостережено у однорічній хвої ($86,5 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$), а мінімальна – у деревині ($11,1 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$), проміжні значення характерні для старої хвої (30) та кори (29-30).

І.М. Булавик із співавтори [1, 2] для практичних цілей розрахували середньозважений внесок кори та деревини у загальну радіоактивну забрудненість ^{137}Cs стовбура різних деревних порід. Зокрема, було показано, що у *Betula ssp.*, *Populus tremula*, *Quercus robur* та *Picea abies* внесок кори у згаданий показник перевищує 50 %: у *Betula ssp.* – 78 %; *Populus tremula* та *Quercus robur* – 68,5 %; *Picea abies* – 60 %. У *Alnus glutinosa* внесок кори дорівнює 50 %, а найменшим цей показник є у *Pinus sylvestris* – 30 %.

Російські дослідники [10] вивчили величини КП ^{137}Cs у структурні компоненти головних деревних порід європейської частини СНД (1992 р.). Було показано, що значення згаданого показника досить широко варіюють. Так, наприклад, у деревині КП ^{137}Cs дорівнював: *Pinus sylvestris* – $0,04-6,1 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$; *Picea abies* – 0,05-1,5; *Betula pendula* – 0,05-7,4; *Quercus robur* – 0,1-4,7; *Populus tremula* – 0,02-1,9; *Alnus glutinosa* – 0,5-2,7; *Tilia cordata* – 0,2. У хвої (листі) значення КП ^{137}Cs становили: *Pinus sylvestris* – $0,4-111 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$; *Picea abies* – 1,6-25,7; *Betula pendula* – 0,5-55,3; *Quercus robur* – 0,3-37,5; *Populus tremula* – 0,1-24,3; *Alnus glutinosa* – 4,9-13,1; *Tilia cordata* – 0,5-0,6. Автори вказали, що такі значні відмінності КП ^{137}Cs , які у більшості випадків перевищують 10 разів, зумовлені зростанням деревних порід в різних едатопах лісів. Проте, на жаль, дослідники цих едатопах не вказали, тому наведені дані можуть мати дуже обмежене використання.

Українські дослідники [9] вивчили питому активність ^{137}Cs у компонентах *Pinus sylvestris* у вологому суборі Українського Полісся. Вони зробили важливий методичний висновок про те, що у структурних елементах крони цієї деревної породи питома активність ^{137}Cs збільшується у напрямку від нижньої частини крони до середньої та верхівкової. Білоруські автори [7] зробили висновок про те, що у більшості деревних порід *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula*, *Quercus robur* більша частка ^{137}Cs – до 91 % від сумарної активності радіонукліду – знаходиться у надземній частині дерев, винятком є *Acer platunoides*, у якого частка кореневої системи в утриманні запасу ^{137}Cs дорівнює 53,7 %.

І.М. Булавик, О.М. Переволоцький [1] навели дані про те, що у 1992 р. за вмістом ^{137}Cs надземні частини соснового деревостану утворювали такий рангований ряд: хвоя поточного року > пагони однорічні > кора > хвоя минулого року > деревина. Показано, що у надземній частині 25-річних насаджень

містилося: у хвої поточного року – 1,0 % валового запасу ^{137}Cs лісової екосистеми; деревині – 0,7 %; корі – 0,6 %; хвої минулого року – 0,3 %; пагонах однорічних – 0,2 %. Найбільш повні дані відносно видової специфіки акумуляції ^{137}Cs різними деревними породами в Українському Поліссі навів В.П. Краснов [5]. Однак отримані дані віддзеркалюють період інтенсивних радіоекологічних спостережень, проведених до 1998 р., тому потребують істотної актуалізації.

Об'єкти та методика досліджень. Мета роботи полягала у вивченні закономірностей акумуляції ^{137}Cs головними лісотвірними породами сугрудів Українського Полісся – сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та дуба звичайного (*Quercus robur* L.). Дослідження проведені у 2010 р. на постійній пробній площі (ППП-88), закладеній у кварталі 79, виділі 38 Лугинського лісництва ДП "Лугинське ЛГ" Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства. Деревостан віком 60 років, складом 8Д2С, повнотою 0,7, І бонітету по сосні і дубу, тип лісорослинних умов – вологий сугруд (С₃). Для пробної площі визначали параметри середнього модельного дерева. Дерева кожної породи, близькі за таксаційними показниками до середнього модельного, підбирали на пробній площі і спілювали. Стовбур розділяли на окремі відрізки. При цьому досліджували радіоекологічні показники стовбура. З останнього знімали кору зовнішню, потім кору внутрішню з лубом. Бензомоторною пилою відбирали зразки деревини без кори та деревини в корі.

З крон дерев відбирали та зважували по 3 середні гілки, з них проводили суцільне зривання органів: для сосни звичайної – пагонів поточного року формування (однорічних), хвої однорічної, хвої дворічної, хвої, старшої 2 років, гілок тонких (діаметром менше ніж 5 мм), гілок товстих (діаметром більше ніж 5 мм). З дуба звичайного відбирали: листя, пагони 1-річні, гілки тонкі (діаметром менше 5 мм), гілки товсті (діаметром понад 5 мм), деревину без кори, кору зовнішню та кору внутрішню. В проекції крони кожного з відібраних дерев у п'ятикратній повторності відбирали ґрунт для визначення щільності забруднення ^{137}Cs – циліндричним буром, діаметром 5 см, на глибину 10 см, методом конверту.

Усі зразки ґрунту та рослинності висушували до повітряно-сухого стану при 105°C протягом 72 год, розмелювали та гомогенізували на пробопідготовлювачах ПРГ-01Т та ПРП-01. Після цього їх зважували та визначали коефіцієнт їхнього всихання. Гомогенізовані зразки вміщували у посудини Марінеллі (об'ємом 1,0 та 0,5 л) або спеціальні еталоновані посудини менших розмірів (ґрунтовий бокс – 75 мл; "Дента" – 130 мл). Питому активність ^{137}Cs вимірювали на багатоканальному гамма-спектроаналізаторі імпульсів СЕГ-005-АКП з сцинтиляційними детекторами БДЕГ-20-Р1 та БДЕГ-20-Р2. Похибка вимірювання питомої активності ^{137}Cs у зразках змінювалася в межах 10-30 %, залежно від вмісту радіонукліду у зразках. Для статистичного оброблення масивів експериментальних даних був використаний стандартний пакет програм "Excel".

Результати досліджень та їх обговорення. Внаслідок проведених польових відборів та лабораторного аналізу зразків на пробній площі, а також ґрунту було виявлене радіоактивне забруднення тканин та органів голов-

них лісотвірних порід Українського Полісся – сосни звичайної та дуба звичайного (табл.).

Табл. Питома активність ¹³⁷Cs у тканинах та органах деревних порід на ППП-88 у лісорослинних умовах вологий сугруд (C₃) за щільності забруднення ґрунту 408,8^{±42,54} кБк/м²

Тканини та органи дерева	Статистичні показники питомої активності ¹³⁷ Cs						
	M	m	мінімальне значення	максимальне значення	STD	V, %	P, %
Сосна звичайна							
Деревина	65	4	57	70	7	10,77	6,22
Кора зовнішня	180	18	147	208	30,81	17,11	9,88
Кора внутрішня з лубом	912	96	730	1054	165,66	18,16	10,49
Хвоя 1-річна	790	64	667	885	111,66	14,13	8,16
Хвоя 2-річна	213	13	193	237	22,27	10,46	6,04
Хвоя 3-річна	137	14	112	159	23,64	17,26	9,96
Пагони 1-річні	465	38	395	524	65,20	14,02	8,10
Гілки товсті	172	17	146	204	29,46	17,13	9,89
Гілки тонкі	200	22	167	242	38,30	19,15	11,06
Дуб звичайний							
Деревина	114	10	96	129	16,70	14,65	8,46
Кора зовнішня	233	29	204	290	49,37	21,19	12,23
Кора внутрішня	1320	141	1063	1548	243,80	18,47	10,66
Листя	1375	218	939	1615	378,23	27,51	15,88
Пагони 1-річні	1390	97	1263	1581	168,38	12,11	6,99
Гілки товсті	268	30	212	316	52,46	19,57	11,30
Гілки тонкі	542	60	423	611	103,49	19,09	11,02

Дані таблиці свідчать про те, що для обох проаналізованих деревних порід, де кожна деревна порода характеризувалася за даними відборів 3-х модельних дерев, властивим є певне варіювання вмісту ¹³⁷Cs у кожній тканині та органі. Так, наприклад, у сосни звичайної питома активність згаданого радіонукліду знаходилася у деревині в діапазоні 58-70 Бк/кг, з середнім значенням 65^{±4} Бк/кг та коефіцієнтом варіювання 10,77 %; у зовнішньої кори – у діапазоні 147-208 Бк/кг, з середнім значенням 180^{±18} Бк/кг та коефіцієнтом варіювання 17,11 %; у хвої однорічної – у діапазоні 667-885 Бк/кг, з середнім значенням 790^{±64} Бк/кг та коефіцієнтом варіювання 14,13 %. Для решти тканин та органів сосни на цій пробній площі також спостерігалось варіювання значень досліджуваного показника у межах від 10,46 % у хвої 2-річної до 19,15 % у гілок тонких, відповідно, відносна похибка визначення середнього значення змінювалася у згаданих органів від 6,04 % до 11,06 %.

У дуба звичайного питома активність згаданого радіонукліду знаходилася у деревині в діапазоні 96-129 Бк/кг, з середнім значенням 114^{±10} Бк/кг та коефіцієнтом варіювання 8,46 %; у зовнішньої кори – у діапазоні 204-290 Бк/кг, з середнім значенням 233^{±29} Бк/кг та коефіцієнтом варіювання 21,19 %; у листі – в діапазоні 939-1615 Бк/кг, з середнім значенням 1375^{±218} Бк/кг та коефіцієнтом варіювання 27,51 %. Для решти тканин та органів дуба звичайного на цій пробній площі також спостерігалось варіювання значень досліджуваного показника у межах від 12,11 % у пагонів 1-річних до

19,57 % у гілок товстих, відповідно, відносна похибка визначення середнього значення змінювалася у згаданих вище органів від 6,99 % до 11,30 %.

Оцінювання інтенсивності нагромадження ¹³⁷Cs у тканинах та органах деревних рослин, зокрема господарсько-цінних, наприклад, деревині, має не лише теоретичне, але й важливе практичне значення. Згадану інтенсивність було оцінено за стандартним відносним показником – коефіцієнтом переходу радіонукліду у ланцюжку ґрунт – деревна рослина (тканина, орган) (рис.).

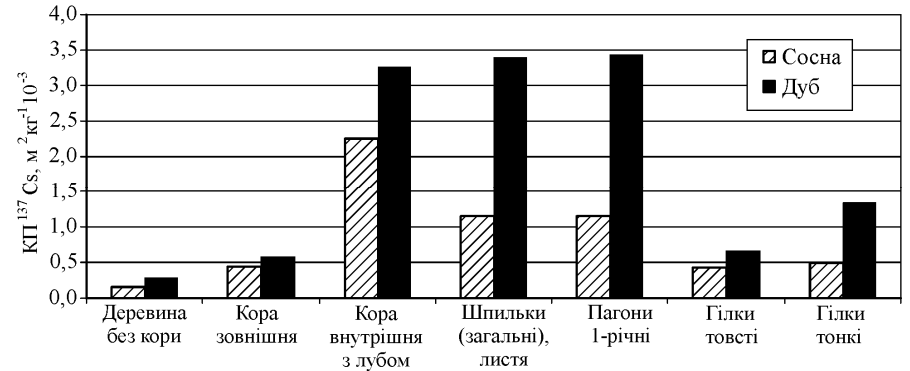


Рис. Середні значення КП ¹³⁷Cs у тканинах та органах деревних порід на ППП-88 у лісорослинних умовах вологого сугруду (C₃)

Аналіз даних рис. дає змогу відзначити важливі закономірності інтенсивності акумуляції ¹³⁷Cs у тканинах та органах головних лісотвірних порід сосни звичайної та дуба звичайного. Зокрема, чітко видно, що найбільші середні значення досліджуваного показника в обох досліджуваних деревних порід є властивими найбільш фізіологічно активним тканинам та органам – пагонам однорічним, шпилькам (листя) та корі внутрішній з лубом. Саме ці тканини та органи деревних рослин характеризуються максимальним током розчинених поживних речовин та їх обміном, зокрема калію, разом з яким захоплюється та надходить до них також ¹³⁷Cs.

Отже, у сосни звичайної тканини та органи за інтенсивністю акумуляції ¹³⁷Cs (середніми значеннями КП) у вологому сугруді (C₃) утворюють такий рангований ряд: кора внутрішня з лубом (2,25 м² кг⁻¹ 10⁻³) > шпильки 1-річні, пагони 1-річні (1,15) > кора зовнішня (0,44) > гілки тонкі (0,49) > гілки товсті (0,42) > деревина (0,16 м² кг⁻¹ 10⁻³).

У дуба звичайного у згаданому типі лісорослинних умов за зазначеним показником тканини та органи утворюють такий рангований ряд: пагони 1-річні (3,43 м² кг⁻¹ 10⁻³) > листя (3,40) > кора внутрішня з лубом (3,26) > гілки тонкі (1,34) > гілки товсті (0,66) > кора зовнішня (0,58) > деревина (0,28 м² кг⁻¹ 10⁻³). Виходячи з викладеного вище, можна однозначно стверджувати, що мінімальною інтенсивністю акумуляції ¹³⁷Cs серед усіх тканин та органів деревних порід характеризується деревина, незважаючи на кумулятивний характер нагромадження згаданого радіонукліду – у нових радіальних періодичних приростах.

Дані таблиці та рисунку також дають змогу проаналізувати видові особливості нагромадження досліджуваного радіонукліду різними видами деревних порід. Зокрема, отримані дані однозначно свідчать про те, що дуб звичайний характеризується загалом вищою інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs тканинами та органами з ґрунту порівняно з сосною звичайною. Так, на ППП-88 у вологому сугруді середнє значення питомої активності цього радіонукліду у деревині дуба звичайного дорівнювало 114^{+10} Бк/кг, а у сосни звичайної – 65^{+4} Бк/кг, різниця становила 1,75 раза та була істотною на 95 % довірчому рівні ($F_{\text{факт.}} = 21,96 \gg F_{0,95}(1; 3) = 7,71$); у кори зовнішньої середнє значення питомої активності ^{137}Cs у дуба звичайного дорівнювало 233^{+29} Бк/кг, а у сосни звичайної – 180^{+18} Бк/кг, різниця становила 1,29 раза, проте не була істотною на 95 % довірчому рівні ($F_{\text{факт.}} = 2,49 < F_{0,95}(1; 3) = 7,71$); у кори внутрішньої з лубом відповіднє значення у дуба звичайного дорівнювало 1320^{+141} Бк/кг, а у сосни звичайної – 912^{+96} Бк/кг, різниця становила 1,45 раза та, як і у кори зовнішньої, не була істотною на 95 % довірчому рівні ($F_{\text{факт.}} = 5,75 < F_{0,95}(1; 3) = 7,71$). Цікавим є порівняння питомої активності ^{137}Cs у 1-річних шпильках сосни та листі дуба. Отримані дані демонструють, що досліджуваний показник у цих органів, відповідно, дорівнює 790^{+64} Бк/кг та 1375^{+2178} Бк/кг різниця становила 1,74 раза, однак не була істотною на 95 % довірчому рівні ($F_{\text{факт.}} = 6,60 < F_{0,95}(1; 3) = 7,71$); аналогічні показники у однорічних пагонів у згаданих деревних порід дорівнювали 465^{+38} Бк/кг та 1390^{+97} Бк/кг, різниця становила 2,99 раза та була істотною на 95 % довірчому рівні ($F_{\text{факт.}} = 78,73 \gg F_{0,95}(1; 3) = 7,71$). Окремо варто розглянути різницю вмісту ^{137}Cs у таких компонентах крони деревних порід, як гілки. Так, наприклад, на ППП-88 у гілок товстих сосни звичайної та дуба звичайного питома активність досліджуваного радіонукліду дорівнювала відповідно 172^{+17} Бк/кг та 268^{+30} Бк/кг, різниця становила 1,56 раза та не була істотною на 95 % довірчому рівні ($F_{\text{факт.}} = 7,64 < F_{0,95}(1; 3) = 7,71$); а у гілок тонких – дещо вище – 200^{+22} Бк/кг та 542^{+60} Бк/кг, різниця становила 2,71 раза та була істотною на 95 % довірчому рівні ($F_{\text{факт.}} = 28,81 > F_{0,95}(1; 3) = 7,71$).

Висновки:

1. Кожна деревна порода на пробній площі у вологому сугруді характеризувалася певним варіюванням вмісту ^{137}Cs у кожній тканині та органі – від 10 до 28 % – за даними відборів 3-х модельних дерев.
2. Найбільші середні значення КП ^{137}Cs у сосни звичайної та дуба звичайного є властивими найбільш фізіологічно активним тканинам та органам – пагонам однорічним, шпилькам (листя) та корі внутрішній з лубом.
3. У сосни звичайної тканини та органи за інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs (середніми значеннями КП) у вологому сугруді утворюють такий ряд: кора внутрішня з лубом > шпильки 1-річні, пагони 1-річні > кора зовнішня > гілки тонкі > гілки товсті > деревина. У дуба звичайного ряд був таким: пагони 1-річні > листя > кора внутрішня з лубом > гілки тонкі > гілки товсті > кора зовнішня > деревина.
4. Виявлено, що дуб звичайний характеризується загалом вищою інтенсивністю акумуляції ^{137}Cs тканинами та органами з ґрунту порівняно з сосною звичайною. Різниця КП ^{137}Cs у різних органів сягає 1,3-3,0 рази і у частини тканин та органів є істотною на 95 % довірчому рівні.

Література

1. Булавик И.М. Поведение радионуклидов в лесных экосистемах / И.М. Булавик, А.Н. Перволоцкий // Радиобиологический съезд : тез. докл., г. Киев, 20-25 сентября 1993 г. – Пушчино. – 1993. – Ч. 1. – С. 151-152.
2. Булавик И.М. Структура загрязненности неокоренной древесины ^{137}Cs / И.М. Булавик, А.Н. Перволоцкий, Н.А. Потылкин // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. трудов Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси. – 2001. – Вып. 52. – С. 120-135.
3. Йохансон К.Й. О связи ^{137}Cs с органическими соединениями вегетативных органов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / К.Й. Йохансон, М.И. Долгилевич // Доповіді НАН України. – 2000. – № 9. – С. 198-202.
4. Йохансон К.Й. Активність ^{137}Cs у вегетативних органах сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) / К.Й. Йохансон, М.Й. Долгилевич // Вісник аграрної науки : наук.-теорет. журнал НААН України. – 2001. – Спец. вип. за квітень. – С. 48-51.
5. Краснов В.П. Радиоэкология лесів Полісся України / В.П. Краснов. – Житомир : Вид-во "Волинь", 1998. – 112 с.
6. Мартинович Б.С. Межвидовые различия в уровнях аккумуляции радионуклидов древесными растениями и их причинная обусловленность / Б.С. Мартинович, В.К. Власов, Ю.А. Сапожников, А.М. Афиногенов, М.М. Сак, Р.М. Голушко // IV съезд по радиационным исследованиям : тез. докл., г. Москва, 20-24 ноября 2001 г. – М. : Изд-во Российской ун-та дружбы народов, 2001 – Т. II (секции VI-IX Б). – С. 551.
7. Мартинович Б.С. Аккумуляция радионуклидов древесными растениями в зоне Чернобыльских эмиссий / Б.С. Мартинович, Б.И. Якушев, В.К. Власов, Ю.А. Сапожников, М.М. Сак, Р.М. Голушко // Лесоведение : науч.-теорет. журнал. – М. : Изд-во "Наука". – 2001. – № 3. – С. 3-10.
8. Митин Н.В. Влияние водного режима на потребление радионуклидов древесными растениями // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. трудов Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси. – 2000. – Вып. 51. – С. 253-262.
9. Турко В.М. Радиоактивное загрязнение ^{137}Cs сосны звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах Центрального Полісся / В.М. Турко, С.П. Ірклієнко, О.Б. Каліш, Н.Є. Шатрова // Матеріали щорічної наук. конф. Ін-ту ядерних досліджень НАНУ, м. Київ, 27-30 січня 1998 р. – К., 1998. – С. 308-310.
10. Щеглов А.И. Распределение радионуклидов в древесине и корнях сосны обыкновенной / А.И. Щеглов, О.Б. Цветнова // Лесное хозяйство : журнал. – 1998. – № 4. – С. 29-31.
11. Block J. Cycling of radiocaesium in two forest ecosystems in the state Rhineland-Palatinate / J. Block, M. Pimpl // Transfer of radionuclides in natural and semi-natural environments / Eds. G. Desmet, P. Nassimbeni, M. Belli. – London – New York : Elsevier Applied Science, 1990. – P. 450-459.
12. McGee E.J. Chernobyl fallout in a Swedish spruce forest ecosystem / E.J. McGee, H.J. Synott, K.J. Johanson, B.H. Fawaris, S.P. Nielsen et al. // J. Environ. Radioactivity. – 2000. – Vol. 48. – P. 59-78.
13. Raitio H. Airborne radiocesium in Scots pine and Norway spruce needles / H. Raitio, A. Rantavaara // Sci. Total Environ. – 1994. – Vol. 157. – Special issue. Forests and radioactivity / A collection of papers presented at the Seminar on the Dynamic Behaviour of Radionuclides in Forests (Stockholm, Sweden, 18-22 May, 1992) / Eds. G. Desmet, A. Janssens, J. Melin. – P. 171-180.
14. Yakushev B.I. Migration of radionuclides in natural-vegetative complexes / B.I. Yakushev // International conference "Ten Years After the Chernobyl Catastrophe" (Minsk, Belarus, 7-12 October 1996) : Abstracts. – Minsk, 1996. – P. 53-59.

Бойко А.Л. Закономерности аккумуляции ^{137}Cs древесным ярусом сосново-дубовых лесов во влажных сугрудах Украинского Полесья

Изучена аккумуляция ^{137}Cs в тканях и органах основных древесных пород во влажном сугруде Украинского Полесья. Показано, что в данных лесорастительных условиях дуб обыкновенный значительно интенсивнее накапливает радионуклид (в 1,3-3,0 раза в соответствующих компонентах) по сравнению с сосной обыкновенной. Сделан вывод о том, что максимальной интенсивностью накопления ^{137}Cs характери-

зуются наиболее физиологически активные ткани и органы деревьев: побеги однолетние, хвоя (листья), кора внутренняя с лубом.

Ключевые слова: ^{137}Cs , удельная активность, влажный сугруд, сосна обыкновенная, дуб обыкновенный, ткани и органы, Украинское Полесье.

Boyko O.L. Regularity of ^{137}Cs accumulation in the canopy of pine-oak forests in wet subdubrava of Ukrainian Polissya

Accumulation of ^{137}Cs in tissues and organs of the main tree species was studied in wet sugrud of Ukrainian Polissya. It was shown that in these forest ecological conditions oak more intensively accumulates radionuclide (in 1,3-3,0 times more in appropriate components) in comparison with Scotch pine. It was made a conclusion that the most physiologically active tissues and organs of trees: annual shoots, needles (leaves) and bark internal with bast are characterized by the maximal intensity of ^{137}Cs accumulation.

Keywords: ^{137}Cs , specific activity, wet sugrud, Scotch pine, oak, tissues and organs, Ukrainian Polissya.

УДК 630*116.9 :556.024 Доц. І.Є. Кульчицький-Жигайло, канд. с.-г. наук; аспір. Н.І. Козій¹ – НЛТУ України, м. Львів

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РУСЛОВОГО СТОКУ ВОДИ ПІД ЧАС ЛІСОГІДРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГІРСЬКИХ УМОВАХ²

Наведено досвід застосування для вимірювання витрат води переносних тонкостінних водозливів, методу змішування (іонного паводку) та барботажного вимірювача рівнів води ISCO 3220. Описано специфіку роботи на гірських водостоках. Розроблено номограми для визначення окремих параметрів.

Ключові слова: вимірювання витрати води, тонкостінний водозлив, метод змішування, ISCO 3220.

Важливим напрямком сучасних лісогідрологічних досліджень у гірських умовах є вивчення впливу лісів на динаміку руслового стоку води. Для розуміння механізму його формування у гірській річці потрібно оцінювати стік з водозборів різної площі, починаючи з елементарних. Способи проведення гідрометричних робіт тут мають свою специфіку, особливо у місцях, де лише починає формуватися гідрографічна мережа. У горах водостоки першого порядку (за класифікацією Хортон [5]) змінюють водність від ледь помітних струмків у межень до бурхливих потоків при водопіллях і паводках, витрата води зростає у десятки і сотні разів.

Мета роботи – аналіз окремих гідрометричних методик, які не застосовували в українських лісогідрологічних дослідженнях (або використання яких було обмежене) та їх апробація на експериментальних об'єктах.

Експедиційні заміри водності водостоків з елементарних водозборів, що мають різну лісистість та відрізняються таксаційними характеристиками лісів, можна здійснювати за допомогою переносних тонкостінних водозливів розміром 80×45 см. Водозлив урізається в дно та береги поперек русла і гер-

метизується глиною чи ґрунтом [3]. Ми застосували трикутні водозливи з кутом 90° (Торічеллі). Використання водозливів у верхів'ях річок Тисмениця, Східничанка та на притоках р. Рибник показали таке:

- на водостоках 1 – 2 порядку переважно відсутні виражені корінні (меженні) русла, стік у межень відбувається по кам'янистому дну тальвегу між гірськими схилами. Встановлення та герметизація водозливу тут надто трудомісткі, займають 2-3 год, а іноді і зовсім неможливі. При цьому втрачається ефект мобільності;
- на ділянках крутизною до 5° у делювіальних ґрунтах підніжжя схилів іноді утворюються русла каналного типу шириною до 1 м. Тут встановлення переносних водозливів триває близько однієї години і застосування їх можливе. Ми встановили, що використання для герметизації водозливу будівельної монтажної піни зменшує час монтажних робіт на 20-30 %;
- для доставки та належного встановлення водозливу потрібно 2 людини, шапцевий інструмент і певна фізична сила.

Окрім переносних водозливів, для експедиційних замірів водності гірських потоків під час лісогідрологічних досліджень у Карпатах було вперше застосовано метод іонного паводка як один з підвидів методу змішування [2]. Цим методом найбільш доцільно вимірювати витрати води у гірських річках і потоках з бурхливою течією та складним рельєфом дна. На ділянці не повинно бути застійних зон (ям, мертвих ділянок, рукавів), поперечних течій та значної кількості водної рослинності. Він базується на зміні з часом у розрахунковому створі відносної концентрації у воді розчину трасера (солі, фарбника чи радіоактивної речовини) при його одноразовому вливанні у водостік вище за течією [6, 7].

Розрахунок витрати води Q базується на принципі збереження маси:

$$Q = \frac{V_1 C_1}{\int_0^{\infty} (C - C_n) dt}, \tag{1}$$

де: V_1 – об'єм розчину трасера, влитого до річки; C_1 – концентрація трасера у влитому до річки розчині; C – заміряна в даний момент концентрація трасера у створі; C_n – початкова концентрація трасера у річкової воді; t – час.

Зручним трасером є сіль NaCl. Концентрацію можна визначати через електропровідність, яку замірюють у розрахунковому створі кондуктометри. При цьому можна оперувати так званою відносною концентрацією NaCl. Вона не пов'язана з початковою провідністю річкової води, яка зумовлена певною фоновією концентрацією (C_ϕ) невідомих досліднику солей. Це дає змогу працювати з водостоками різної мутності та солоності, що важливо при замірах стоку зі свіжих вирубок.

Розчин, який вливатиметься у водостік – первинний розчин, це розведена у воді з цього водостоку сіль, його концентрація $C_{перв}$ дорівнює

$$C_{перв} = C_\phi + C_o \text{ [г/дм}^3\text{]}, \tag{2}$$

де C_o – концентрація у первинному розчині доданої NaCl, [г/дм³]

Готуємо вторинний розчин, для якого невеликий об'єм первинного розчину V_1 додаємо до певного відібраного з водостоку (річки) об'єму води

¹ Наук. керівник: проф. Л.І. Копій, д-р. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів

² Автори виносять подяку д-ру Любомиру Курилко (ЗУДК, м. Філадельфія, США) за надане для досліджень обладнання.