

FOUNDATION OF STANDARD OF RADIONUCLIDES CONTENT IN THE CORDWOOD AND ITS JUSTIFICATION ASSESSMENT

Los I.P., Shabunina N.D., Orlov O.O., Krasnov V.P., Landin V.P.

ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВУ НА ВМІСТ РАДІОНУКЛІДІВ У ПАЛИВНІЙ ДЕРЕВИНІ ТА ОЦІНКА ЙОГО ВИПРАВДАНОСТІ



**ЛОСЬ І.П., ШАБУНІНА Н.Д.,
ОРЛОВ О.О., КРАСНОВ В.П.,
ЛАНДІН В.П.**

ДУ "ІГМЕ ім. О.М. Марзєєва
АМН України",
м. Київ
УкрНДІ ЛГА
ім. Г.Н. Висоцького,
м. Житомир,
Державний комітет лісового
господарства України,
м. Київ

УДК 614.8:539.165/166

**ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВА
СОДЕРЖАНИЯ
РАДИОНУКЛИДОВ В
ТОПЛИВНОЙ ДРЕВЕСИНЕ И
ОЦЕНКА ЕГО
ОПРАВДАНОСТИ**

**Лось И.П., Шабунина Н.Д.,
Орлов А.А., Краснов В.П.,
Ландин В.П.**

Обоснован норматив
содержания радионуклидов
 ^{137}Cs ($600 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$)
и ^{90}Sr ($60 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) в топливной
древесине. Проведен
сравнительный анализ
содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr
в 499 пробах топливной
древесины, в результате
которого подтверждена
оправданность введения этого
норматива в практику защиты
человека от ионизирующего
облучения.

результаті аварії на Чорно-
бильській АЕС були радіоак-
тивно забруднені ліси вісім-
надцяти областей України,
найбільше — лісові масиви
Поліської зони [1].

Необхідність захисту насе-
лення від опромінення радіо-
нуклідами "чорнобильського
походження" викликала по-
требу у розробці нормативів
щодо їхнього вмісту у про-
дукції лісового господар-
ства. Перші такі нормативи
були затверджені 1988 року і
з невеликими змінами діяли
фактично до 2005 року [2, 3].
Введені у 1998 році "Норми
радіаційної безпеки України
(НРБУ-97)" [4] визначили но-
ві підходи до нормування ра-
діаційного фактора, у тому
числі радіонуклідів "чорно-
бильського" походження у
деревині та продукції з дере-
вини.

Метою роботи була роз-
робка нормативу на вміст ра-
діонуклідів у паливній дереви-
ні та оцінка його виправдано-
сті.

Мірою можливого негатив-
ного впливу іонізуючого ви-
промінювання на організм лю-
дини є доза опромінення —
кількість енергії іонізуючого
проміння, поглинутої одини-
цею маси органу, тканини тіла
людини. За рахунок зовніш-
нього опромінення доза фор-
мується переважно ^{137}Cs . Ви-
користання паливної дереви-
ни може призводити до вну-
трішнього опромінення люди-
ни як ^{137}Cs , так і ^{90}Sr . Зола, що
утворюється при спалюванні
дров у результаті господарсь-
кої діяльності населення у
сільській місцевості, тради-
ційно використовується як
добриво на присадибних ді-
лянках. Тому є необхідність
нормування і ^{137}Cs , і ^{90}Sr у па-
ливній деревині. При спожи-

ванні харчових продуктів, ви-
рощених на цих ділянках, ^{137}Cs
і ^{90}Sr роблять певний внесок у
дозу внутрішнього опромінен-
ня населення.

Розробка нормативу щодо
вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr у паливній де-
ревині має базуватися на
принципі неперевищення до-
пустимих рівнів цих радіону-
клідів у рослинних продуктах,
вирощених на здобреному зо-
лою ґрунті. Для цього необхід-
но знати, за якої концентрації
у ґрунті ^{137}Cs і ^{90}Sr , що надхо-
дять із золою, мігруватимуть з
ґрунту у рослини та накопичу-
ватимуться у них у кількостях,
які б не перевищували допу-
стимих рівнів [5].

За референтну сільськогос-
подарську рослину було об-
рано картоплю, оскільки вона
споживається людиною у
значних кількостях і широко
використовується як корм для
худоби і свійської птиці. Допу-
стимі рівні вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr у
картоплі, які нормуються [5],
становлять 60 і $20 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ від-
повідно. Ці значення прийня-
то без змін і у новому гігієніч-
ному нормативі для продуктів
харчування, затвердженому
2006 року [6].

Допустиму питому актив-
ність ^{137}Cs і ^{90}Sr у дровах палив-
них і паливних пучках роз-
раховували за формулою:

$$A = \left(\frac{A_1}{KП} - P \right) \frac{S}{t \cdot m}, \quad (1)$$

де A — допустима питома ак-
тивність ^{137}Cs (^{90}Sr) у дровах
паливних і паливних пучках,
 $\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$;

A_1 — допустима питома актив-
ність ^{137}Cs (^{90}Sr) у картоплі згі-
дно [5], $\text{Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$;

$KП$ — коефіцієнт переходу ра-
діонукліду з ґрунту до карто-
плі, $\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$;

P — щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs (^{90}Sr), Бк·м $^{-2}$;
 S — площа присадибної ділянки, м 2 ;
 t — час, протягом якого використовують золу паливної деревини на городі, рік;
 m — маса паливної деревини, кг·рік $^{-1}$.

Для розрахунку допустимих рівнів вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr у паливній деревині використовували коефіцієнти переходу радіонуклідів з ґрунту у картоплю для дерново-підзолистих ґрунтів [7], притаманних українському Поліссю. До дерново-підзолистих ґрунтів належать піщані, супіщані, легкотя середньосуглинисті, а також важкосуглинисті типи ґрунтів. Найвищі коефіцієнти переходу радіонуклідів визначаються на піщаних та супіщаних ґрунтах.

Окрім типів ґрунту, враховували площу присадибної ділянки [8], щільність забруднення ґрунту радіонуклідами аварійного походження до внесення золи, кількість дров, що спалює протягом року одна родина у негазифікованих населених пунктах. Враховували також вид деревини, яка найчастіше використовується як паливо, та її питому вагу. За даними Державного комітету лісового господарства, у селах, де немає природного газу, одна родина на рік спалює 20 складометрів паливної деревини, що відповідає 14 м 3 . Як паливо використовується переважно сосна, питома вага якої становить 600 кг·м $^{-3}$. Отже, середньостатистична родина спалює на рік 8400 кг паливної деревини.

При розрахунку допустимих рівнів радіонуклідів у паливній деревині треба визначити час (t), протягом якого будуть використовувати золу спалених

дров на присадибній ділянці. В якості референтного часу було прийнято термін 30 років, що відповідає періоду напіврозпаду ($T_{1/2}$) радіонуклідів, які нормуємо.

Для розробки нормативу застосовували консервативні підходи. Враховували найбільші значення коефіцієнтів переходу з ґрунту у картоплю, хоча присадибні ділянки, як правило, мають добре окультурений ґрунт тощо.

Після розрахунку допустимого вмісту радіонуклідів у паливній деревині було прийнято нормативні значення для ^{137}Cs — 600 Бк·кг $^{-1}$ і ^{90}Sr — 60 Бк·кг $^{-1}$ [9].

За даними виробничої лабораторії радіології Поліського філіалу УкрНДІЛГА, яка здійснює радіаційний контроль продукції лісового господарства у центральному Поліссі України та вивчає щільність забруднення ^{137}Cs і ^{90}Sr лісових угідь, близько 60% вкритої лісом площі Житомирської області постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС. Щільність забруднення ^{137}Cs цієї території перевищує 37 кБк·м $^{-2}$ (1 Кі·км $^{-2}$).

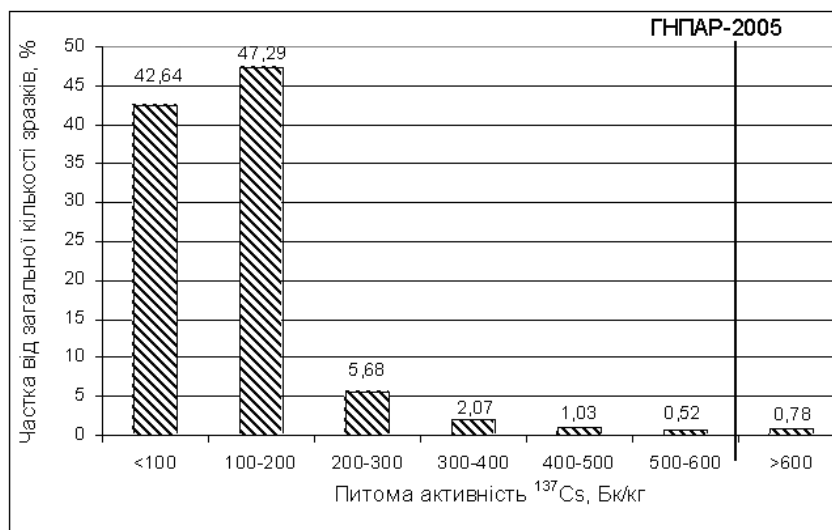
У регіоні є декілька "стронцієвих плям" зі співвідношенням $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ у ґрунті набагато більшим за середні значення, характерні для західного конденсаційного сліду аварійних випадів (1:10-1:20). Це північний схід Овруцького району (с. Першотравневе), центральна частина Лугинського району (с. Липники), північний

схід Олевського району (с. Білокоровичі), де зазначене співвідношення дорівнює 1:2-1:4. Внаслідок цього спостерігається чимала інтенсивність акумуляції ^{90}Sr у компонентах лісових екосистем, у тому числі деревостані. На решті території значно більшу небезпеку становить забруднення деревини (у тому числі паливної) за рахунок ^{137}Cs .

За даними виробничого радіаційного контролю паливної деревини, у Житомирській області у 2006 р. (досліджено 389 зразків) частотний розподіл зразків цього виду лісогосподарської продукції у діапазонах питомої активності ^{137}Cs виявився логнормальним, з вираженим ексцесом у бік низьких значень (<100-200 Бк·кг $^{-1}$) — у сумі 89,93% зразків. Загалом виявлено, що вміст ^{137}Cs у 99,22% проаналізованих зразків паливної деревини не перевищував діючих нормативів (ГНПАР-2005) [9]. Відповідно перевищення цього показника за ^{137}Cs зареєстровано у 0,78% зразків цієї продукції (рис. 1).

Зважаючи на те, що у регіоні рівні щільності забруднення ґрунту ^{137}Cs у середньому значно вищі, ніж ^{90}Sr , а інтенсивність акумуляції у деревині головних лісоутворюючих порід, навпаки, нижча, значний практичний інтерес має дослідна перевірка дієвості впроваджених нормативів ГНПАР-2005 на паливну деревину за даними виробничого радіа-

Рисунок 1
Частотний розподіл зразків деревини паливної за вмістом ^{137}Cs (2006 р.)



ційного контролю лабораторії радіології Поліського філіалу УкрНДІЛГА у 2007 р. Так, за I квартал 2007 року цією лабораторією проаналізовано 110 зразків паливної деревини на вміст обох нормованих радіонуклідів. У результаті гамма- та бета-спектрометричних аналізів встановлено, що вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у 20% проаналізованих зразків перевищував нормативні значення показника відповідності ($B \geq 1$). Цей показник розраховується за загальноприйнятою формулою:

$$B = \frac{A_{\text{Cs}}}{DP_{\text{Cs}}} + \frac{A_{\text{Sr}}}{DP_{\text{Sr}}} \leq 1,0, \quad (2)$$

де B — показник відповідності;
 A_{Cs} , A_{Sr} — результати вимірю-

FOUNDATION OF STANDARD OF RADIONUCLIDES CONTENT IN THE CORDWOOD AND ITS JUSTIFICATION ASSESSMENT

Los I.P., Shabunina N.D., Orlov O.O., Krasnov V.P., Landin V.P.

Standards of content of ^{137}Cs (600 Bq·kg⁻¹) and ^{90}Sr (60 Bq·kg⁻¹) radionuclides was justified in the cordwood. Comparative analysis of content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in 499 samples of the cordwood was fulfilled. Consequently justification of implementation of the standard in practice of the protection against ionizing radiation was confirmed.

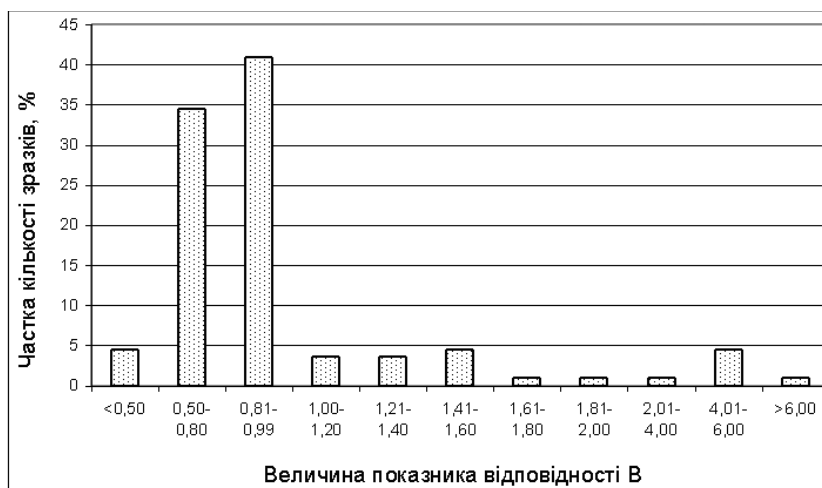
ти деревину з цього лісництва як паливо. Оскільки цей район багатий на ліси, така заборона не ускладнить забезпечення населення паливною деревиною.

Чималий інтерес має аналіз вмісту ^{90}Sr у зразках паливної деревини у регіоні. За даними виробничого радіаційного

контролю, у цьому виді лісогосподарської продукції мінімальна питома активність ^{90}Sr дорівнювала 15 Бк·кг⁻¹, а максимальна — 344 Бк·кг⁻¹. Розподіл частоти повторів зразків паливної деревини у діапазонах питомої активності ^{90}Sr (рис. 3) свідчить, що максимальна кількість проаналізованих зразків характеризувалася вмістом ^{90}Sr у діапазонах 41-50 Бк·кг⁻¹ — 35,45%, 31-40 Бк·кг⁻¹ — 22,73%, 21-30 Бк·кг⁻¹ — 14,55%. Частка зразків з вищим вмістом ^{90}Sr у масиві даних значно менша.

З практичною метою було розраховано співвідношення $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ у зразках паливної деревини (рис. 4). Отримані дані свідчать, що це співвідношення характеризувалося широкою амплітудою — від 0,12 до 1,90, що зумовлене значним просторовим варіюванням кількох факторів: щільності забруднення ґрунту ^{137}Cs та ^{90}Sr ; типом лісорослинних умов, який, у свою чергу, зумовлює різну інтенсивність акумуляції

Частотний розподіл показника відповідності (B) у паливній деревині (2007 р.)



вань питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr у пробі;
 DP_{Cs} , DP_{Sr} — нормативи вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr у паливній деревині за ГНПАР-2005.

Виявлено, що загалом частотний розподіл значень показника відповідності (B) у масиві даних є логнормальним, з вираженим ексцесом у бік низьких значень (рис. 2).

Детальний аналіз масиву даних дозволив встановити, що з 20% зразків, в яких зареєстровано перевищення показника відповідності, 18% було відібрано безпосередньо у "стронцієвій плямі" — Бережестьському лісництві Овруцького СДЛГ. Слід взагалі заборонити використовувати

Рисунок 2

Частотний розподіл зразків паливної деревини за питомою активністю ^{90}Sr (2007 р.)

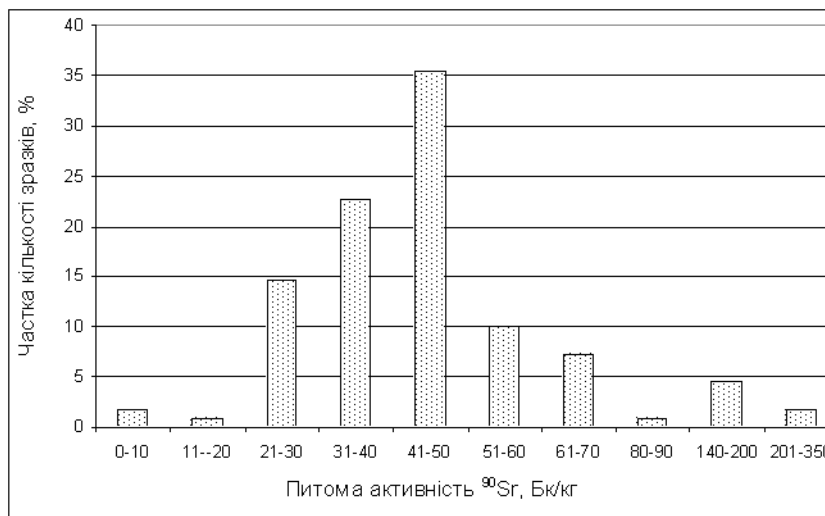


Рисунок 3

них деревних порід [10], згідно з якого м'яколистяні та твердолистяні породи акумулюють даний радіонуклід значно інтенсивніше, ніж сосна звичайна. До аналогічного висновку також дійшли інші дослідники [11, 12].

Висновки

Розроблено та затверджено 2005 року новий "Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у деревині та продукції з деревини ГН 6.6.1-120-2005" (ГНПАР-2005) [9], в якому крім ^{137}Cs регламентується ^{90}Sr . Однак вміст ^{90}Sr нормується тільки для паливної деревини.

За нормативні значення питомої активності ^{137}Cs для паливної деревини прийнято $600 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, ^{90}Sr — $60 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$.

Наведені результати вимірювання ^{137}Cs і ^{90}Sr у паливній деревині підтверджують необхідність введення у дію даного нормативу як найбільш ефективного бар'єру попередження забруднення радіонуклідами присадибних ділянок. Водночас це є основним підтвердженням виправданості введення цього нормативу у практику захисту людини від іонізуючого опромінення.

ЛІТЕРАТУРА

- 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України. — К.: Атіка, 2006. — 224 с.
- Нормативи на вміст ^{137}Cs у продукції лісового господарства / Затверджено Держком-

лісом СРСР 15.01.1988. — К., 1988. — 3 с.

3. Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення / Затверджено Держкомлісом України — К., 1998. — 75 с.

4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи / МОЗ України: Введено 01.01.1998. — К., 1998. — 125 с.

5. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-97): Державні гігієнічні нормативи / МОЗ України: Введено 01.01.1998. — К., 1997. — 6 с.

6. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді: Державні гігієнічні нормативи / Затверджено МОЗ України, наказ № 256 від 03.05.2006. Зареєстровано у Мін'юсті України 17.07.2006 за № 845/12719. — К., 2006. — 14 с.

7. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б.С. Пристер, Н.А. Лоцилов, О.Ф. Немец, В.А. Поляков. — К., 1997. — 471 с.

8. Земельний кодекс України. Ст. 121, п.г. Норми безоплатної передачі земельних ділянок громадянам. — С. 36.

9. Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у деревині та продукції з деревини. ГН 6.6.1-120-2005 / Затверджено МОЗ України, наказ № 573 від 31.10.2005. Зареєстровано у Мін'юсті України 16.11.2005 за № 1384/11664. — К., 2005. — 12 с.

10. Порівняльна оцінка інтенсивності акумуляції ^{137}Cs та ^{90}Sr різними деревними породами у Поліссі України / О.О. Орлов, С.П. Ірклієнко, В.М. Турко, О.Г. Дмитренко, І.Д. Іванюк // Вісник ДАУ. — 2000. — № 2. — С. 157-167.

11. Щеглов А.И., Цветнова О.Б. Коэффициенты перехода радионуклидов в структурные части древостоя лесов СНГ // Аграрная наука. — 1998. — № 11-12. — С. 26-27.

12. Переволоцкий А.Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. — Гомель: РНИУП "Институт радиологии", 2006. — 255 с.

обох радіонуклідів у деревних породах; видом деревної породи.

Як видно з рисунку 4, розподіл співвідношення $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ у паливній деревині є логнормальним, з вираженим ексцесом у бік низьких значень. Особливо підкреслимо, що 62,73% зразків характеризувалися досить згаданого показника — 0,40-0,60. Середнє значення співвідношення $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ у проаналізованому масиві даних дорівнювало $0,60 \pm 0,07$ ($V=29,7\%$; $p=11,2\%$).

Аналіз співвідношення $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ за деревними породами дозволив виявити, що його максимальне значення спостерігається в акації білої — $0,94 \pm 0,10$, далі у порядку зменшення йшли осика — $0,79 \pm 0,12$; береза повисла — $0,60 \pm 0,06$; дуб черешчатий — $0,59 \pm 0,04$; сосна звичайна — $0,58 \pm 0,06$. Наведений рангований ряд деревних порід загалом відповідає ряду, побудованому за інтенсивністю акумуляції ^{90}Sr у деревині різ-

Рисунок 4
Частотний розподіл зразків паливної деревини за співвідношенням $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ (2007 р.)

