

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАПАСІВ ФІТОМАСИ В ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ І ЗАПАСУ В НІЙ РАДІОНУКЛІДІВ

О.І. Фурдичко

*доктор економічних наук, доктор сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН
Інститут агроекології і природокористування НААН
(м. Київ, Україна)*

*e-mail: orestfurdychko1010@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1108-7733>*

М.Д. Кучма

*доктор сільськогосподарських наук
Інститут агроекології і природокористування НААН
(м. Київ, Україна)*

e-mail: ORCID:

О.І. Дребот

*доктор економічних наук, професор, академік НААН,
заслужений діяч науки і техніки України
Інститут агроекології і природокористування НААН
(м. Київ, Україна)*

*e-mail: drebotoksana@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>*

О.П. Яремко

*кандидат економічних наук
Тернопільське обласне управління лісового
і мисливського господарства (м. Тернопіль, Україна)*

*e-mail: OYaremko@i.ua;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4619-0527>*

Встановлено, що основним чинником, який спричиняє пошкодження лісів на значній території зони відчуження, є лісові пожежі. Втрати запасу підстилки під час горіння становлять до 20–30%. У залишках підстилки та верхніх ґрунтових горизонтах зберігається 63,0–71,1% запасу ^{137}Cs . На згарихах відмічене суттєве зростання частки рухомої фракції ^{90}Sr в мінеральній частині ґрунту до 39,6–60,8%. За природного ходу міграційних процесів істотний перерозподіл активності у верхніх ґрунтових горизонтах міг би відбутися через 15–20 років. Тому протипожежні заходи набувають першочергового значення, оскільки внаслідок пожеж може істотно змінитися характер міграційних процесів радіонуклідів. Узагальнена оцінка запасів фітомаси і запасу в ній радіонуклідів у зоні відчуження засвідчила провідну роль лісових екосистем у депонуванні радіонуклідів та запобіганні їх виносу за межі забруднених територій. На сьогодні в деревині лісових насаджень зафіксовано 47,5 ТБк ^{90}Sr , що становить майже 4% від загального забруднення території зони відчуження, і ця частка надалі буде зростати. Розроблено систему еколого-лісівницького догляду за лісовими насадженнями в умовах зони відчуження. Вона передбачає три рівні втручання: звичайний, обмежений, заповідний (у перспективі). Її реалізація відбулася під час лісовпорядкувальних робіт у 1996 та 2006 рр., що забезпечило контроль за радіоекологічною та лісівницькою ситуацією.

Ключові слова: екологічна оцінка, радіоактивне забруднення, фітомаса, накопичення радіонуклідів.

ВСТУП

Сьогодні, у віддалений період від часу екологічної катастрофи, яка спіткала людство у зв'язку з аварією на Чорнобильській атомній електростанції, вчені-екологи та радіоекологи продовжують досліджувати вплив радіоактив-

них елементів на довкілля. Ліквідації аварії на ЧАЕС, попередження виносу радіонуклідів за межі забруднених територій є одними з основних завдань. Особливо це важливо для зони відчуження, де знаходиться основна частина забруднення. В якості природного бар'єра на

шляху переносу радіонуклідів служать лісові насадження.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вивченням та дослідженням радіоекології лісових екосистем займаються провідні вітчизняні вчені. Особливу увагу приділяли Тихоміров Ф.О., Куліков В.М., Краснова В.П., Фурдичко О.І., Ландін В.П., але екологічну оцінку запасів фітомаси і запасу в ній радіонуклідів досі не було розраховано та проаналізовано.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При виконанні розрахунків використана узагальнена модель, розроблена на основі аналізу доступної інформації про структуру біомаси сосняків 1а–2 бонітету віком 10–100 років. В її основу покладено такі залежності:

$$S_{\text{ст}} = -3.670.31 + 0.23 \times A + 0.3426 \times M, \quad (1)$$

$$\% \text{кори_ств} = 4.849668 - 0.0180407 \times A + (1/(0.0576108 + 0.00151657 \times S_{\text{ст}})), \quad (2)$$

$$\% \text{гіл} = 6.896187 - 0.034298 \times A + 6.896187 + 251.7675/S_{\text{ст}}, \quad (3)$$

$$\% \text{кори_гіл} = 24.67826 + \exp^{4.107273 - 0.149064 \times S_{\text{гіл}}}, \quad (4)$$

$$\% \text{коренів} = -31.72 + 5.7091 \times \% \text{гіл}, \quad (5)$$

$$\% \text{хвої} = 61.6929 \times \exp^{7.240459/A + 0.05140925 \times A - 68.16171}, \quad (6)$$

де A — вік деревостану, років; M — запас на га, куб.м; $S_{\text{ст}}$ — абсолютно суха вага стовбура, т/га; $\% \text{кори_ств}$, $\% \text{гіл}$, $\% \text{коренів}$, $\% \text{хвої}$ — відсоток сухої ваги відповідних фракцій фітомаси від ваги стовбура; $\% \text{кори_гіл}$ — відсоток сухої ваги кори гілок від загальної ваги гілок.

Розрахунок проведено на основі матеріалів, які отримано співробітниками відділу радіоекології лісу Чорнобильського науково-технічного центру та відділу радіоекології і дослідницького зонування безпосередньо в ЗВ і Б(О)В. Методика розрахунків базується на застосуванні регресійного аналізу і описана у звіті по договору № 13/120н-98. Розрахунки виконано для середньовікових деревостанів, що ростуть на верхній межі забруднення зони помірного (40 Кі/кв.км по ^{137}Cs) проведення лісівницьких заходів, у зоні обмеженого проведення лісівницьких заходів (100 Кі/кв.км по ^{137}Cs) та найбільш забрудненій центральній частині ЗВ і Б(О)В (500 Кі/кв.км по ^{137}Cs). Використання сучасних методів просторового аналізу (ГІС-технології) дозволило дати оцінку стану біоресурсів зони відчуження загалом. Розрахунки проведено з врахуванням розробленої системи районування території по рівнях еколого-лісівничого догляду.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Модель структури фітомаси розроблена на прикладі модальних деревостанів сосни 5-км зони. Використано дані повидільної таксації деревостанів 2 тис. лісових ділянок, що узагальнені в базі даних. Okремо для культур і деревостанів природного походження сформовано вибірки ділянок чистих сосняків різного віку в типах лісу свіжий бір та свіжий суббір (A_2C , B_2C). По кожній вибірці розраховані залежності від віку (A), середньої висоти (H) і діаметра (D) насаджень. Вихідні дані апроксимувались функцією Гомпертца. Модель використовувалася при розрахунку залежності запасів деревостанів від віку і повноти.

Випробувані три відомі моделі для розрахунку абсолютно сухої ваги фракцій фітомаси за таксаційними параметрами, що одержані шляхом регресійного аналізу фактичних даних про структуру сосняків. Використання моделей дає подібні результати (середня розбіжність у межах 6–11, а для насаджень в 10–15 років — 13–20%).

Особливості накопичення радіонуклідів компонентами лісової фітомаси

Коефіцієнти переходу ^{137}Cs з ґрунту в рослини варіюють у широких межах (табл. 1) і визначаються передусім гігروتопом.

У межах сухих і свіжих борів і суборів фітомаса більш інтенсивно накопичує ^{90}Sr , ніж радіоцезій (табл. 2).

Сучасні безлісі території (луки і перелогові землі) зони відчуження

До основних нелісових територій зони відчуження належать перелоги з природним режимом зволоження, перелоги на ділянках із зміненним режимом зволоження (меліоровані, а потім частково підтоплені), луки та трав'яні болота. На перелогох із природним режимом зволоження за післяаварійний час склалися такі основні рослинні угруповання:

а) псамофітні — трав'янисті рослини вкривають не більше 30–50% поверхні ділянок. Надземна фітомаса вищих рослин складає 0,5–2,0 т/га с.р., а маса лишайників і мохів не перевищує 0,5 т/га с.р.;

б) пустошні — проективне вкриття рослинністю 40–60%. Маса травостану досягає 3,5 т/га с.р.;

в) різнотравно-пирійні — проективне вкриття рослинністю досягає 80%. Фітомаса травостану становить 4,0–9,0 т/га с.р., а повсті — 30–40% від нього;

г) пирійні — проективне вкриття досягає 90–100%. Надземна фітомаса досягає в оптимальні роки 10–11 т/га с.в. Через особливості онтогенезу пирію в цих угрупованнях практич-

Таблиця 1

Коефіцієнти переходу ^{137}Cs для листяних порід залежно від типу умов місцезростання, (Бк/кг) / (кБк/кв.м)

ТУМ	A ₂	B ₂	C ₂	B ₄	C ₄
сосна					
хвоя	1,7	2,0	1,2	14,6	91,8
Пагони	0,3	0,8	0,9	5,5	35,4
Кора	0,6	22,4	0,5	21,6	10,6
Гілки	0,1	0,2	0,4	4,8	9,8
Деревина	0,2	0,2	0,2	1,6	1,9
Порода	Дуб черешчатий		Осика		Вільха
ТУМ	B ₂	B ₄	B ₄	C ₄	B ₄
Листя	16,8	41,9	0,3	8,1	6,3
Пагони	7,2	8,9	0,1	2,3	6,5
Кора	4,1	8,4	3,9	9,3	8,5
Гілки	21,3	10,7	0,2	0,3	3,1
Деревина	0,9	7,7	0,1	0,2	2,1

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Таблиця 2

Коефіцієнти переходу (КП) ^{137}Cs і ^{90}Sr в структурні компоненти фітомаси соснових деревостанів у ТЛУ A₂, B₂

Значення	КП, (Бк/кг) / (кБк/кв. м)			
	^{137}Cs		^{90}Sr	
	Хвоя	Деревина	Хвоя	Деревина
Середнє	13,8	1,1	11,3	7,1
Межа	1,2–33,3	0,1–2,5	1,1–27,0	1,0–16,2

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

но протягом усього сезону вегетації є товстий і рівномірний шар повсті, який навіть літом має масу майже 50% маси травостану.

Перелоги меліоровані і потім місцями повторно підтоплені мають усі названі вище рослини угруповання і з подібним співвідношенням площ на непідтоплених ділянках.

На повторно підтоплених ділянках іде активне відновлення вологотравно-лучних і болотних травостанів. Надземна фітомаса таких травостанів знаходиться в межах 11,0–49,0 т/га с.р. У середині літа зберігається шар повсті масою до 30% фітомаси травостану.

На ділянках заплавних лук фітомаса травостану ділянок дорівнює 4–10 (15) т/га с.р. До 30% поверхні ділянок заплавних лук заросло видами верб, грушею лісовою, березою. Фітомаса деревно-чагарникових рослин на заплавних луках в 2–3 рази вища, ніж травостану.

Особливості накопичення радіонуклідів лучною рослинністю

Розбіжності по накопиченню радіонуклідів значні і для окремих видів досягають кількох порядків величин. Великий вплив на міграцію радіонуклідів по профілю ґрунту природних луків і перехід у травостан має водний режим цих угідь. На торф'яних ґрунтах, що зазнають періодичного затоплення і характеризуються близьким заляганням до поверхні ґрунтових вод, спостерігається не тільки інтенсивна вертикальна міграція ^{137}Cs і ^{90}Sr вглиб профілю ґрунту, але й інтенсивне поглинання їх луговими травами порівняно з дерново-підзолистими ґрунтами. На вологій заплавній луці перехід радіонуклідів у ті ж види рослин був у декілька разів вищий, ніж на суходільній цього ж полігона (табл. 3, 4). Сумарне винесення ^{137}Cs рослинами з торф'янисто-болотних

Таблиця 3

Перехід у надземну частину і винесення рослинністю ^{90}Sr і ^{137}Cs на дерново-підзолистих ґрунтах

Вид рослини	КП, (Бк/кг)/(кБк/м ²)		Винесення, Бк/м ²	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Пирій повзучий (<i>Elytrigia repens</i> L.)	5,5±1,1	4,9±0,9	1953±572	2200±910
Очиток їдкий (<i>Sedum acre</i> L.)	3,5±1,9		38±5	
Костриця лучна (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	5,2±2,2		180±105	
Осот польовий (<i>Cirsium arvense</i> L.)	0,5±0,3	7,4	30±10	800±500
Кропива дводомна (<i>Urtica dioica</i> L.)	5,8±0,9	25,5	400±100	2700±985
Верес звичайний (<i>Calluna vulgaris</i> L.)	53,7±9,4		2909±270	

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Таблиця 4

Надходження і винесення рослинністю ^{90}Sr і ^{137}Cs на торф'янистих ґрунтах

Вид рослини	КП, (Бк/кг)/(кБк/м ²)		Винесення, Бк/м ²	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Пирій повзучий (<i>Elytrigia repens</i> L.)	5,0±2,3	8,9±1,2	1600±752	3700±570
Тонконіг лучний (<i>Poa pratense</i> L.)	3,2±0,7	8,5±2,1	1540±505	1692±450
Осока волохиста (<i>Carex paniculata</i> Jusl.)	16,4±0,9	21,2±3,1	4324±813	5100±1400
Кропива дводомна (<i>Urtica dioica</i> L.)	8,0±2,3	19,9±3,1	390±54	4000±597
Іван-чай вузьколистий (<i>Chamerion angustifolium</i>)	34,4±16,5	24,2±5,1	1036±550	2548±380
Луговий чай звичайний (<i>Lysimachia vulgaris</i> L.)	1,1±0,2	15,8±3,1	82±11	2452±366
Плакун верболистий (<i>Lythrum salicaria</i> L.)	2,6±0,3	17,4	200±27	1780±266

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

ґрунтів також у 2–3 рази перевищує цей показник, який одержано для дерново-підзолистих ґрунтів.

Коефіцієнти переходу стронцію і його винос рослинами на торф'янисто-болотному ґрунті в середньому у 2–3, а для деяких рослин у 10 разів вищі, ніж цезію.

Після виведення з експлуатації діючих енергоблоків ЧАЕС постають питання про використання для виробництва електроенергії відновлювальних біоресурсів (деревина, швидкоростучі трави тощо). Світовий досвід експлуатації енергетичних установок, що працюють на такому паливі, переконливо довів можливість їх подальшого використання. Однак, зважаючи на особливий статус зони відчуження, необхідно здійснити не тільки господарську, а й радіологічну оцінку біоресурсів. Через не-

значну кількість у регіоні багатих ґрунтів слід враховувати порівняно низьку швидкість відновлення біомаси. Використання біоресурсів радіаційно забруднених територій може збільшити дозу радіаційного навантаження на персонал, що буде зайнятий у процесі виробництва електроенергії, а також внесок у колективну дозу за рахунок викидів.

Зараз доведено, що практично єдиним перспективним видом лісової продукції для умов ЗВ і Б(О)В в найближчі роки може бути тільки деревина [17]. Прогнози вмісту радіонуклідів у продуктах побічного користування показують, що їх використання (особливо грибів) буде неможливим ще 20–30 років. В економічній ситуації, що склалась, переробка інших лісових продуктів (хвойної лапки, пневого осмолу і т.д.) нерентабельна й на чистій території.

Багаторічні спостереження на полігонах у ЗВ і Б(О)В вказують на значно вищий рівень забруднення фітомаси на перезволожених ділянках. Крім цього, тут переважають малоцінні листяні деревостани, які не мають перспективи господарського використання. Найбільше господарське значення мають соснові насадження, що ростуть у сухих, свіжих та вологих гіротопах. Тому прогноз забруднення зроблено тільки для деревини сосни, яка росте в цих лісорослинних умовах.

Розрахунок проведено на основі матеріалів, які отримано співробітниками відділу радіоекології лісу Чорнобильського науково-технічного центру та відділу радіоекології і дослідницького зонування безпосередньо в ЗВ і Б(О)В. Методика розрахунків базується на застосуванні регресійного аналізу і описана у звіті по договору № 13/120н-98. Розрахунки виконано для середньовікових деревостанів, що ростуть на верхній межі забруднення зони помірного (40 Кі/кв.км по ^{137}Cs) проведення лісівницьких заходів, у зоні обмеженого проведення лісівницьких заходів (100 Кі/кв.км по ^{137}Cs) та найбільш забрудненій центральній частині ЗВ і Б(О)В (500 Кі/кв. км по ^{137}Cs (рис. 1).

В якості контрольного рівня прийнято тимчасово допустимі рівні (ТДР) для окореної деревини, оскільки в діючих рекомендаціях ця операція для умов ЗВ і Б(О)В є обов'язковою.

Для ділянок із щільністю забруднення до 40 Кі/кв.км по ^{137}Cs уже зараз питома активність радіоцезію не перевищує діючих нормативів. На ділянках із забрудненням 100 Кі/кв. км по ^{137}Cs через 10 років питома активність радіоцезію також не буде перевищувати нормативів. Це відповідає прогнозу, розробленому співробітниками МДУ [16] про те, що напівзниження питомої активності радіоцезію в деревині станеться через 25–30 років. На територіях із високою щільністю забруднення питома активність радіонуклідів у деревині знизиться через 80 років. До того часу основна маса наявних середньовікових деревостанів перейде в категорію перестиглих і, теоретично, буде придатна для експлуатації. Використання сучасних методів просторового аналізу (ГІС-технології) дозволило дати оцінку стану біоресурсів зони відчуження загалом. Розрахунки проведено з врахуванням розробленої системи районування території по рівнях еколого-лісівничого догляду.

Загальні оцінки стану біоресурсів і їх забрудненості наведено в таблиці 5.

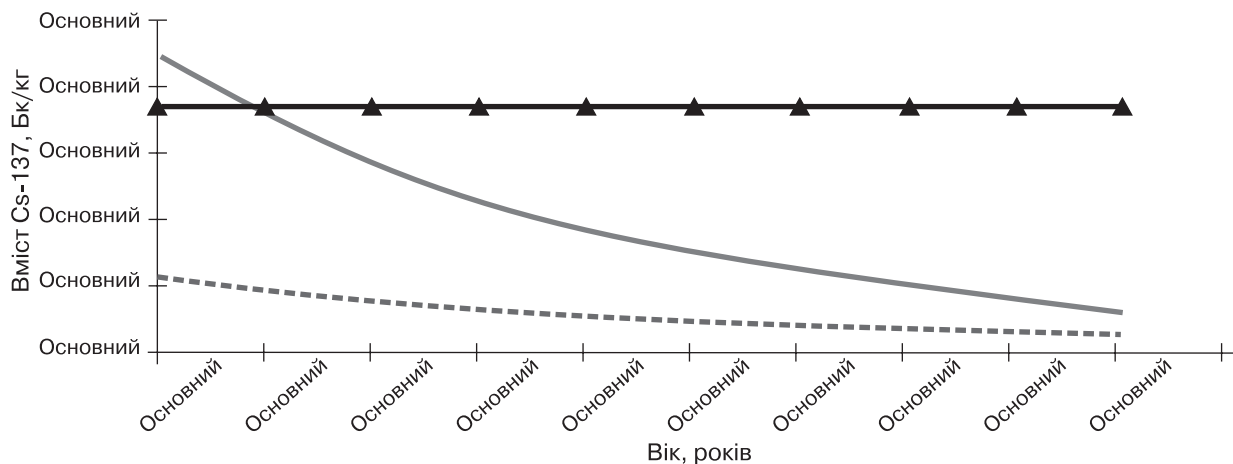
Аналіз даних про запаси біомаси як потенційного джерела енергетичних та сировинних ресурсів показує, що реальні запаси деревини на порядок вищі, ніж інших біологічних компонентів фітомаси. Враховуючи теплотворну здатність сухої деревини, її запаси еквівалентні енергії 150 ПДж.

Таблиця 5

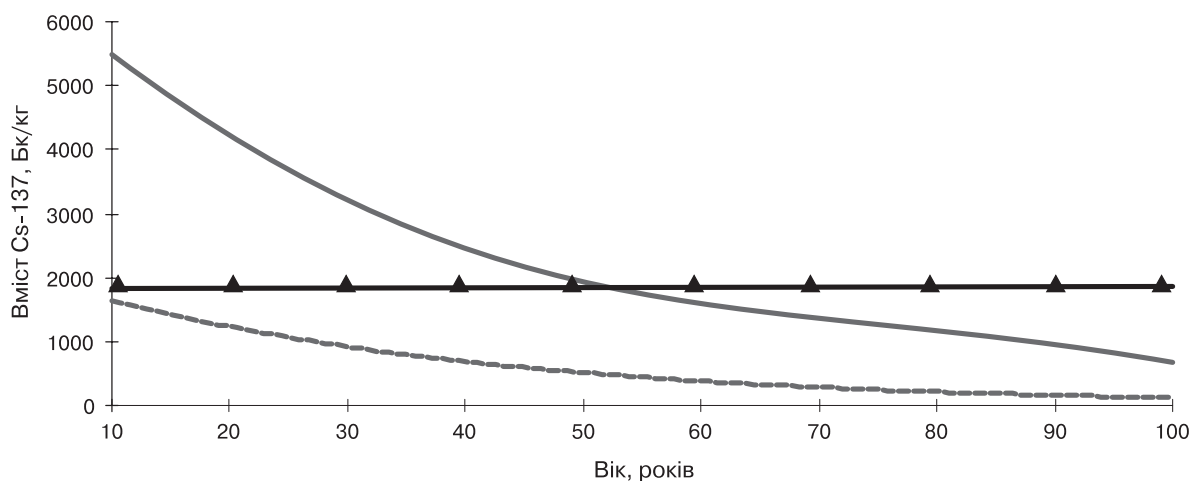
Оцінки стану біоресурсів зони відчуження

	Зона звичайного проведення еколого-лісівничих заходів	Зона обмеженого проведення еколого-лісівничих заходів	Зона заповідного (у перспективі) режиму
Площа залісненої території, %	34,2	29,4	36,3
Площа луків і перелогів, %	39,2	34,6	26,1
Запас біомаси деревини (тис. т)	2630	2260	2790
Запас біомаси хвої (тис. т)	240	200	250
Запас біомаси травостану (тис. т)	130	110	80
Запас ^{137}Cs на території, ТБк	80	150	1700
Запас ^{137}Cs у деревині, ТБк	2.9	8.8	46
Запас ^{137}Cs у хвої, ТБк	2.7	7.8	42
Запас ^{137}Cs у травостані, ТБк	0.096	0.29	0.89
Запас ^{90}Sr на території	29	70	1200
Запас ^{90}Sr у деревині, ТБк	2.2	6.3	39
Запас ^{90}Sr у хвої, ТБк	0.40	1.1	6.9
Запас ^{90}Sr у травостані, ТБк	0.14	0.41	1.5

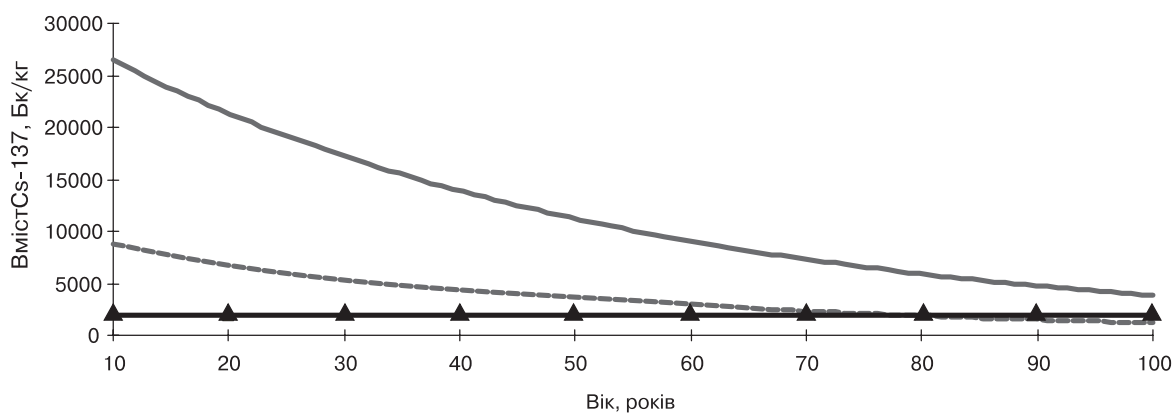
Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.



А. Щільність забруднення 40 Ки/кв. км



Б. Щільність забруднення 100 Ки/кв. км



С. Щільність забруднення 500 Ки/кв. км

—▲— ТДР-91 — Хвоя - - - Деревина

Рис. 1. Прогноз вмісту ^{137}Cs в корі та хвої соснових насаджень при різних рівнях щільності забруднення

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

Таблиця 6

Утримання радіонуклідів у щорічному прирості деревостанів (МБк)

Показники	^{137}Cs	^{90}Sr
Фіксується в щорічному прирості	420	130
Виноситься за межі зони	350	900

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Слід підкреслити, що при спалюванні біомаси (особливо хвої та трав) отримана зола буде класифікуватися як РАВ, що потребує застосування відповідних технологій.

У таблиці не приведена оцінка запасів фітомаси кореневих систем. Практично цей біоресурс не може бути використаним у реальних умовах зони, оскільки трудозатрати на його отримання значно перевищать усі можливі вигоди. За межами радіоактивно забруднених територій у реальних умовах сучасного виробництва корені дерев також практично не використовуються.

Загальний розподіл біомаси між районами з різним режимом користування майже однаковий, що свідчить про можливість організації користування біоресурсами окремо для кожної зони.

Кількість біомаси в трав'яних ценозах майже рівна запасам хвої лісових насаджень. Щорічно поновлюваний запас фітомаси трав складає 320 тисяч тонн, що еквівалентно 6 ПДж.

Аналізуючи винос радіонуклідів фітосою, слід враховувати, що запаси радіонуклідів, особливо радіостронцію, у хвої дорівнюють і перевищують запаси радіонуклідів у деревині. Тому у випадку планування використання лісової біомаси в ролі очищувача території від радіонуклідів слід передбачити повне використання надземної фітомаси дерев. Запаси трав значно нижчі від запасів лісової фітомаси. Однак це щорічно поновлюваний ресурс і завдяки високим коефіцієнтам переходу більш інтенсивно виконує роль дезактиватора.

Прогнозні моделі накопичення радіонуклідів показують, що найближчим часом суттєвих змін у забрудненні лісової рослинності ^{137}Cs не буде. Вміст ^{90}Sr продовжує зростати, тому при техніко-економічних розрахунках потрібно враховувати можливість зростання витрат на очистку відходів виробництва зі зростаючою участю ^{90}Sr .

У фітомасі лісових насаджень зростає частка радіостронцію (табл. 6).

Фіксація ^{137}Cs у щорічному прирості перевищує його винос за межі зони відчуження водним шляхом.

ВИСНОВКИ

З вищенаведеного можна зробити висновок, що теоретичне та практичне узагальнення методологічних положень із наукової проблеми поводження з лісами і безлісими ділянками, що зазнали радіоактивного забруднення. На новому теоретичному рівні з використанням методів ГІС-технологій (геоінформаційні системи) та ДЗЗ (дистанційне зондування Землі) оцінено роль демутаційних процесів у забезпеченні екологічної безпеки утримання радіоактивно забруднених територій. Розроблено і реалізовано пропозиції щодо впровадження системи підтримання екологічної стійкості лісових екосистем.

1. Доведено, що лісові насадження відіграли роль «фільтра» в запобіганні розповсюдженню аварійних викидів, що зумовило затримання майже 80% радіонуклідів, які могли бути перенесені на віддалені території.

2. Контрзаходи з дезактивації лісових екосистем із застосуванням різних технологій дають змогу знизити експозиційну дозу в 1,4–3,3 рази, β -потік — у 15–16 разів. За ручної дезактивації з лісової ділянки видаляється 98–99% ^{137}Cs , що міститься у ґрунті. Використання в лісі добрив і меліорантів дає позитивний короткостроковий ефект. Доведено, що застосування масштабних контрзаходів технологічно трудомістке й економічно невиправдане. Вони можуть бути застосовані виключно для окремих ділянок.

3. Екологічні заходи (залісення, догляд за деревостанами) сприяють посиленню захисних і регулюючих функцій лісових екосистем, ефективніші, ніж техногенні контрзаходи, знижують ризик додаткового опромінення персоналу. Розроблено технології залісення територій із високою щільністю радіоактивного забруднення з використанням лісопосадкових автоматів, хімічного догляду за посадками, що уможливило на порядок знизити потенційну дозу опромінення персоналу.

4. Змодельовано схему процесу залісення та зроблено прогнозні оцінки природного відновлення лісового покриву. Вони засвідчили, що для відновлення природної структу-

ри ландшафтів необхідно не менше 100 років. Одержано числове підтвердження збільшення площі вкритих лісовою рослинністю земель, яке становить понад 41%.

5. Узагальнена оцінка запасів фітомаси і запасу в ній радіонуклідів у зоні відчуження засвідчила провідну роль лісових екосистем у депонуванні радіонуклідів та запобіганню їх виносу за межі забруднених територій. На сьогодні в деревині лісових насаджень зафіксовано 47,5 ТБк ^{90}Sr , що становить майже 4% від загального забруднення території зони відчуження, і ця частка надалі буде зростати.

6. Фіксація ^{137}Cs у щорічному прирості деревостанів становить 420 МБк і перевищує винос цього радіонукліда за межі зони відчуження водним шляхом. У перспективі зростання запасів фітомаси лісових екосистем стане чинником, що забезпечить утримання ^{137}Cs на забрудненій території.

7. Розроблено систему еколого-лісівницького догляду за лісовими насадженнями в умовах зони відчуження. Вона передбачає три рівні втручання: звичайний, обмежений, заповідний (у перспективі). Її реалізація відбулася під час лісовпорядкувальних робіт у 1996 та 2006 рр., що забезпечило контроль за радіоекологічною та лісівницькою ситуацією.

8. Оцінка санітарно-гігієнічних умов при проведенні спеціалізованого догляду за лісом підтвердила необхідність віднесення працівників, що в ній задіяні, до категорії А згідно з НРБ-2006, оскільки у процесі виконання робіт відбувається перевищення фонових навантажень. Інтегральні концентрації ^{137}Cs у повітрі під час вирубування лісу в середньому у 50 разів вищі, ніж фонові.

9. За реалізації мінімально необхідного обсягу робіт із догляду за лісовими насадженнями колективна додаткова доза опромінення персоналу впродовж 10 років не перевищить допустиму для персоналу. Тоді як під час можливих заходів щодо ліквідації надзвичайних ситуацій цей показник може значно зрости. Тому реалізація системи еколого-лісівницького догляду є обґрунтованою.

10. Для створення умов, необхідних для збереження біотичного та ландшафтного різноманіття, запропоновано розглядати лісові екосистеми як чинник, що забезпечує зміщення пріоритетів управління в бік біотичних складників у порівнянні з варіантами техногенного впливу на заходи з реабілітації територій із високою щільністю радіоактивного забруднення. У перспективі це забезпечить стійкість екосистем зони відчуження загалом і буде сприяти переходу об'єктів укріття та ЧАЕС в екологічно безпечний стан.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фурдичко О.І. Радіоекологічна безпека аграрних і лісових екосистем у віддалений період після аварії на ЧАЕС. *Агроєкологічний журнал*. 2016. № 1. С. 6–14.
2. Кучма М.Д. Основи лісової радіоекології. / за ред. І.Н. Патляя. Київ, 1999. 252 с.
3. Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующих излучений на экологические системы. Москва: Атомиздат, 1972. 176 с.
4. Краснов В.П., Орлов О.О. Радіаційний моніторинг лісових екосистем на прикладі дикорослих ягідних рослин. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2002. Вип. 12.4. С. 151–154.
5. Гудков І.М., Гайченко В.А., Кашпаров В.О. Сільськогосподарська радіоекологія: підручник. / за ред. академіка НААН України І.М. Гудкова. Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. 268 с.
6. Фурдичко О.І., Кучма М.Д. Реабілітація — стратегічний напрям управління радіоактивно забрудненими територіями. *Агроєкологічний журнал*. 2008. № 1. С. 5–11.
7. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. Москва: Наука, 1999. 268 с.
8. Шитюк К.Ф., Орлов О.О., Мельничук С.Д. Порівняльна оцінка розподілу ^{137}Cs в екосистемах соснових та сосново-дубових лісів Українського Полісся. *Ядерна фізика та енергетика*. 2010. Т. 11, № 1. С. 74–81.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF PHYTOMASS STOCKS IN THE ZONE OF ALIENATION AND STOCK OF RADIONUCLIDS IN IT

Furdychko O.

Doctor of Economic Sciences, Doctor of Agricultural Sciences,
Professor, Academician of NAAS

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Kyiv, Ukraine)

e-mail: orestfurdychko1010@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1108-7733>

Kuchma M.

Doctor of Agricultural Sciences

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

(Kyiv, Ukraine)

e-mail: ORCID:

Drebot O.

Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of NAAS

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

(Kyiv, Ukraine)

e-mail: drebotoksana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>

Yaremko O.

Candidate of Economic Sciences

Ternopil Regional Department of Forestry and Hunting

(Ternopil, Ukraine)

e-mail: OYaremko@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4619-0527>

It has been established that the main factor causing damage to forests in a large area of the Exclusion Zone is forest fires. Loss of litter stock during combustion is up to 20–30%. 63.0–71.1% of ^{137}Cs stock is stored in litter residues and upper soil horizons. The fires showed a significant increase in the share of the mobile fraction ^{90}Sr in the mineral part of the soil to 39.6–60.8%. In the natural course of migration processes, a significant redistribution of activity in the upper soil horizons could occur in 15–20 years. Therefore, fire-fighting measures are of paramount importance, as fires can significantly change the nature of migration processes of radionuclides. The generalized assessment of phytomass stocks and the stock of radionuclides in the Exclusion Zone testified to the leading role of forest ecosystems in the deposition of radionuclides and prevention of their removal outside the contaminated areas. To date, 47.5 TBq ^{90}Sr has been recorded in wood of forest plantations, which is almost 4% of the total pollution of the Exclusion Zone and this share will continue to grow. A system of ecological and forestry care for forest plantations in the conditions of the Exclusion Zone has been developed. It provides for three levels of intervention — normal, limited, protected (in the future). Its implementation took place during forest management works in 1996 and 2006, which provided control over the radioecological and forestry situation.

Keywords: ecological assessment, radioactive contamination, phytomass, radionuclide accumulation.

REFERENCES

1. Furdychko O. (2016). Radioekologichna bezpeka ahrarykh i lisovykh ekosystem u viddalennyi period pisly avariï na CHAES. [Radioecological safety of agricultural and forest ecosystem in the remote period after the accident on Chernobyl Nuclear Power Plant]. *Agroecological journal*, 1, 6-1[in Ukrainian].
2. Kuchma M.D. (1999). *Osnovy lisovoyi radioekolohiyi* [Fundamentals of forest radioecology]. Patlaya I.N. (Ed.) Kyiv, 252 p. [in Ukrainian].
3. Tikhomirov F.A. (1972). *Deystviye ioniziruyushchikh izluchenyi na ekologicheskiye sistemy* [Effect of ionizing radiation on ecological systems]. Moscow: Atomizdat. 176 p. [in Russian].
4. Krasnov, V.P., Orlov, O.O. (2002). *Radiatsiynnyy monitoring lisovykh ekosystem na prykladi dykoroslykh yahidnykh roslin* [Radiation monitoring of forest ecosystems on the example of wild berry plants]. *Nauk. visnyk UkrDLTU — Scientific Bulletin of UkrDLTU*, 12.4, 151–154 [in Ukrainian].
5. Gudkov I.M., Gaichenko V.A., Kashparov V.O. (2017). *Sil's'kohospodars'ka radioekolohiya: pidruchnyk*. [Agricultural radioecology: assistant]. (Ed.) Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine I.M. Gudkov. Kiev: Vidavnistvo Lira-K., 268 p. [in Ukrainian].
6. Furdychko, O.I., & Kuchma, M.D. (2008). *Reabilitatsiya — stratehichnyy napryam upravlinnya radioaktyvno zabrudnenyimi terytoriyami* [Rehabilitation strategic management direction contaminated areas]. *Ahroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 5–12 [in Ukrainian].
7. Shcheglov A.I. (1999). *Biogeokhimiya tekhnogennykh radionuklidov v lesnykh ekosistemakh: po materialam 10-letnikh issledovaniy v zone vliyaniya avarii na CHAES* [Biogeochemistry of technogenic radionuclides in forest ecosystems: based on the materials of 10 years of research in the zone of influence of the Chernobyl accident]. Moscow: Nauka, 268 p. [in Russian].
8. Shityuk K.F., Orlov O.O., Melnichuk S.D. (2010). *Porivnyal'na otsinka rozpodilu ^{137}Cs v ekosistemakh sosnovykh ta sosnovo-dubovykh lisiv Ukrayins'koho Polissya* [Comparative assessment of ^{137}Cs distribution in ecosystems of pine and pine-oak forests of Ukrainian Polissya]. *Nuclear physics and energy*. V. 11, No. 1. 74–81. [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Фурдичко Орест Іванович, доктор економічних наук, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; email: orestfurdychko1010@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1108-7733>)

Кучма Микола Дмитрович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail:; тел.:; ORCID:)

Дребот Оксана Іванівна, доктор економічних наук, професор, академік НААН, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: drebotoksana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>)

Яремко Олег Павлович, кандидат економічних наук, начальник Тернопільського обласного управління лісового і мисливського господарства (м. Тернопіль, Україна; e-mail: OYaremko@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4619-0527>).

УДК 332.2: 330.15

DOI: 10.33730/2310-4678.3.2021.246826

НАУКОВІ ЗАСАДИ З'ЯСУВАННЯ ПРИЧИН ЗЕМЕЛЬНОЇ НЕВРЕГУЛЬОВАНOSTІ В УКРАЇНІ ЯК ГОЛОВНІ ЧИННИКИ ДО ВИХОДУ З НАЯВНОЇ КРИЗИ

О.І. Ковалів

доктор економічних наук, старший науковий співробітник,
завідувач відділу економіки природокористування в агросфері
Інститут агроєкології і природокористування НААН

(м. Київ, Україна)

e-mail: okovaliv@ukr.net;ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4908-7963>

У статті з'ясовано основні причини земельної неврегульованості в Україні як головні чинники до виходу з наявної земельної кризи. Подальший розвиток ринкових земельних відносин і природокористування в агроландшафтах України можливий за умов повноцінної інституалізації конституційних норм щодо права власності Українського народу на землю та її природні ресурси як на природні об'єкти — основне національне багатство, що перебуває під особливою охороною держави, вводячи здійснювану земельну реформу в чинне конституційне поле України. Розкрито п'ять нез'ясованих причин, які законодавчо не врегульовані дотепер і не узгоджуються з чинними «земельними» нормами ст. 13 і 14 Конституції України, у тому числі за участі багатьох «вчених», що ґрунтуються на надуманій дуалістичності та розшиарованості права абсолютної власності Українського народу на землю та її природні ресурси як на природні об'єкти. Обґрунтовано необхідність подальшого інституціонального розвитку правової, економічно розвиненої й екологічно стабільної держави на основі здобутих нами нових знань конституційного земельного прагматизму в процесі звершення земельної реформи в Україні як нової парадигми. Вирішенню наявних земельних проблем в Україні як кризових сприятиме також поглиблення напрямів наших наукових досліджень та обґрунтувань когнітивних шляхів і механізмів формулювання нових теоретично-методологічних засад звершення земельної реформи в рамках просторово-часової сфери земельної економіки як новітньої соціально-економічної формації унітарної правової держави, що базується на відомих законах живої і неживої природи та суспільства.

Ключові слова: Конституція України, земля та її природні ресурси, звершення земельної реформ, парадигма, когнітивна земельна економіка.

ВСТУП

Уже чверть століття, з моменту дії унікальних конституційних земельних норм (28

червня 1996 р.) [1], та понад тридцять років, з часу прийняття Декларації про державний суверенітет України (16 липня 1990 р.) [2], по-