

УДК 630.31

Н. Ф. ПРИХОДЬКО *

**ОСОБЛИВОСТІ АКУМУЛЯЦІЇ ТА МІГРАЦІЇ ¹³⁷Cs У ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ
У ГІРСЬКИХ УМОВАХ КАРПАТ**

Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С.Пастернака

Наведено результати радіологічних досліджень. Установлено, що в акумулятивних елементах рельєфу утворюються геохімічні поля з підвищеним рівнем ¹³⁷Cs.

Ключові слова: радіоактивне забруднення, питома активність, щільність забруднення, коефіцієнт акумуляції, коефіцієнт переходу.

Рамкова Конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат (Карпатська Конвенція, Київ, 2003) включає принципи, спрямовані на виявлення та оцінювання ризиків, що становлять загрозу для здоров'я людей, створення системи моніторингу довкілля, видів рослин і тварин та середовища їх існування [10].

Ліси Українських Карпат зазнали радіоактивного забруднення внаслідок катастрофи на Чорнобильській атомній електростанції. У Чернівецькій області забруднено території 38 лісництв, у Івано-Франківській – 15 лісництв [1]. "Плями" забруднення знаходяться у смузі, яка простягається від заплави ріки Дністер до верхів'їв Карпат. Ширина цієї смуги змінюється від 60 до 90 км. Вона орієнтована з північного сходу на південний захід і охоплює весь спектр лісових екосистем – від прирічкових дібров, через хвойно-листяні деревостани до чистих ялиників. У високогірних лісництвах ширина смуги забруднення зменшується, а щільність забруднень зростає.

Радіаційний моніторинг лісів, як система регулярних спостережень у просторі й часі, збору, аналізу та оцінювання інформації про радіаційний стан лісових екосистем і міграцію радіонуклідів у їхніх компонентах проводиться протягом післячорнобильського періоду переважно в районах, які зазнали найбільшого радіоактивного забруднення – Західному та Центральному Поліссі [7]. Практично поза увагою залишилися території – зони слабкого (до 1 Кі/км²) та помірного (1 – 5 Кі/км²) радіоактивного забруднення, хоча саме в їх межах триває інтенсивне ведення сільського, лісового та рекреаційного господарства [3].

Одним із істотних чинників повторного перерозподілу радіоактивного забруднення є водна міграція (поверхневий і внутрішньогрунтовий стоки) [11]. У межах гірських систем відбувається не тільки прискорений масоенергообмін, але і прискорені процеси вимивання та винесення хімічних сполук [9]. Природні компоненти екосистем мають буферні властивості та здатність до самовідновлення. Однак систематичний вплив забруднювачів призводить до активного накопичення тих чи інших хімічних речовин, і вони впливають на властивості компонентів екосистем. Ці властивості через зовнішні ознаки візуально переважно не фіксуються, однак трансформують усю екосистему або окремі її компоненти [2]. Горизонти з максимальним накопиченням тих чи інших хімічних речовин (у тому числі радіонуклідів) формують екологічно небезпечні геохімічні аномальні зони (внутрішні геохімічні поля).

Оскільки визнано фахівцями багатьох країн наявність ефектів дії малих доз радіації на людину, спричинених зміною чутливості центральної нервової системи на подразнюючий вплив іонізуючого випромінювання, то актуальними є питання переоцінювання доз опромінення населення внаслідок аварії на ЧАЕС та оцінювання дози, яку людина отримує протягом життя внаслідок сумарного впливу техногенно-підсиленого природного фону та техногенних радіаційних чинників, що потрапляють у навколишнє середовище [5].

Тенденцію деяких радіонуклідів збільшувати концентрацію з кожним етапом трофічного ланцюга вперше було виявлено на Хенфордському заводі Комісією по атомній енергії у східній частині шт. Вашингтон у 1950-х роках. Вкрай малі (сліди) кількості радіоактивного йоду, фосфору, цезію і стронцію, що випускав завод у ріку Колумбія, як виявилось,

* © Н. Ф. Приходько, 2009

концентрувалися у тканинах риб і птахів. Було встановлено, що коефіцієнт накопичення (співвідношення кількості речовини у тканинах і в навколишньому середовищі) радіоактивного фосфору в яйцях гусей, що гніздилися на річкових островах, сягав 2 млн. Таким чином, "безпечні" викиди в навколишнє середовище можуть стати вкрай небезпечними для вищих ланок трофічних ланцюгів [8].

З метою визначення вмісту радіоцезію у компонентах лісу, з'ясування територіальних закономірностей розподілу та перерозподілу радіонуклідів, виявлення шляхів їх міграції у лісових гірських екосистемах радіологічні дослідження проводили у Верховинському лісництві ДП "Верховинське лісове господарство" на пунктах постійного спостереження (ППС) (кв. 15 вид. 9, кв. 15 вид. 20) та на трьох маршрутах, прокладених уздовж схилів. Характеристика ППС наводиться у табл. 1. Відбирали зразки ґрунту, підстилки, моху і трав'яного покриву. Крім цього, в урочищі "Корніївка" у чистому ялиновому насадженні на підвісних ґрунтах відібрано зразки ґрунту, моху й чорниці, а на зрубі – ґрунту та лікарської сировини.

Таблиця 1

Характеристика пунктів постійного спостереження

Кв./вид.	Тип лісу	Склад деревостану	Вік, років	Середні		Повнота	Бонітет	Запас, м ³ /га	Площа, га	Висота н. р. м., м	Експозиція схилу	Крутизна схилу, град.
				D, см	H, см							
15/22	С ₃ БЯл	10 Ял	108	30	26	0,5	II	400	1,7	900	Пд-Сх	35
15/9	С ₃ БЯл	5 Ял5Б	53	22	21	0,6	I	330	22,0	950	Пд-Сх	35

Зразки підстилки й моху відбирали з площадок 40 x 40 см, зразки ґрунту – на тих самих площадках (площа відбору – 100 см², глибина – 0 – 10 см), трав'яний покрив і лікарську сировину – у місцях відбору зразків ґрунту та поблизу них.

Підготовку відібраних зразків для гамма-спектрометричного аналізу проводили шляхом подрібнення та висушування. Аналіз здійснювали на гамма-спектрометрі СЕГ-05.

Щільність забруднення ґрунту визначали за формулою:

$$\text{Щ} = A \times m / S, \quad \text{де}$$

Щ – щільність забруднення, Бк/м²;

A – питома активність, Бк/кг;

m – повна маса зразка, кг;

S – площа відбору, м².

Результати оцінювання щільності радіоактивного забруднення ґрунту перераховували на Кі/км² (1 Кі = 3,7 x 10¹⁰ Бк). Коефіцієнт переходу ¹³⁷Cs (КП) із ґрунту до компоненту біоти розраховували як відношення питомої активності ¹³⁷Cs у компоненті біоти (Бк/кг) до щільності радіоактивного забруднення ґрунту (кБк/м²); коефіцієнт акумуляції (КА) – як відношення питомої активності ¹³⁷Cs у компоненті біоти (Бк/кг) до питомої активності ¹³⁷Cs у ґрунті (Бк/кг).

Максимальні значення питомої активності ¹³⁷Cs серед компонентів лісу встановлено у ґрунті (2110, Бк/кг), мохові (1840, Бк/кг) та підстилці (858, Бк/кг). Активність до 500 Бк/кг мали 90 % зразків лікарської сировини, 80 % – підстилки, 67 % – ґрунту 43 % – моху, Найбільшу активність радіоцезію серед рослин установлено у листі папороті (1380 Бк/кг). У чорниці, залежно від лісорослинних умов, активність радіоцезію сягала 158 – 360 Бк/кг. Не виявлено радіоцезію у 36 % зразків лікарської сировини (малина, чорниця, звіробій).

У чистому ялиновому насадженні (кв. 15 вид. 22) в акумулятивних елементах рельєфу питома активність ¹³⁷Cs більша у ґрунті, ніж у підстилці, у транзитних – навпаки. У мішаному насадженні (кв. 15 вид. 9) питома активність ¹³⁷Cs у ґрунті вища, ніж у підстилці.

Для встановлення рівнів забруднення компонентів лісу радіоцезієм залежно від їхнього місцезнаходження на схилі дослідження проводили по основних, пов'язаних зі стоком

елементах ландшафту (на маршрутах, прокладених уздовж схилів). У кв. 15 вид. 20, 22 прокладено два паралельних один до одного маршрути, у кв. 15 вид. 9, 11 – один маршрут.

Питома активність ^{137}Cs у ґрунті на всіх трьох маршрутах виявилася найвищою у нижніх частинах схилів і становила 906 і 1210 Бк/кг (кв. 15 вид. 22), на верхніх точках маршрутів (кв. 15 вид. 20) – 173 і 134 Бк/кг, а також 1110 Бк/кг (кв. 15 вид. 11) проти 218 Бк/кг (кв. 15 вид. 9) (рис. 1). Це пояснюється тим, що ґрунтовий профіль бурих лісових кислих ґрунтів (гірських буроземів), які панують у гірсько-лісовому поясі Карпат, доволі динамічний. У період випадання інтенсивних опадів або танення снігу на схилах утворюється поверхневий стік, що змиває ґрунтовий дрібнозем [4]. А оскільки ^{137}Cs добре фіксується на органічній і глинистій складових ґрунту, його міграція відбувається переважно з твердим стоком [6].

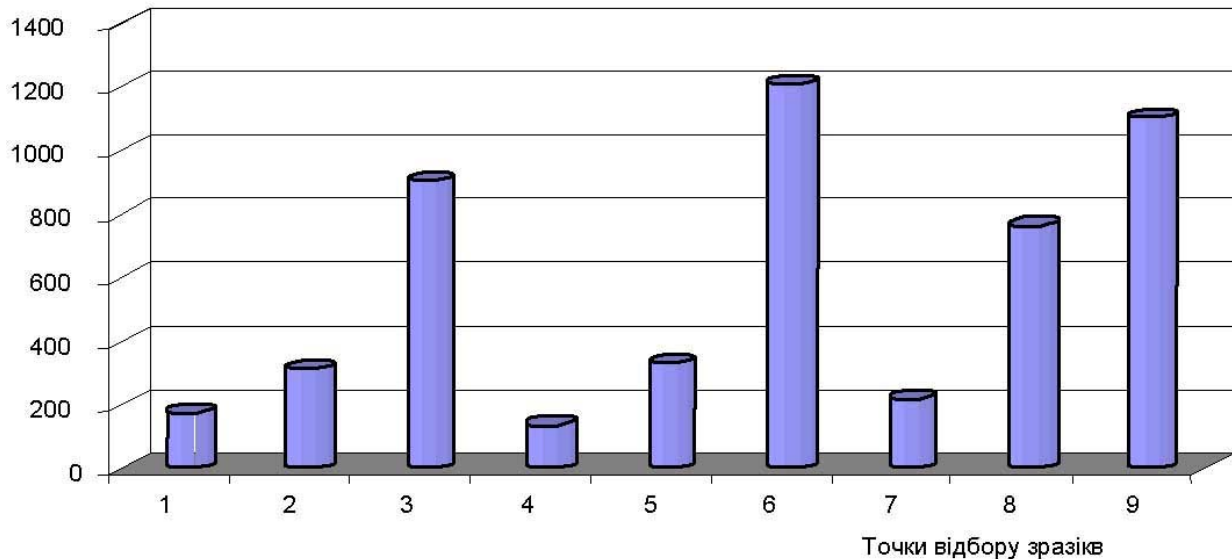


Рис. 1 – Питома активність ^{137}Cs у ґрунтах на маршрутах, Бк/кг (1, 4, 7 – верхні точки маршрутів; 2, 5, 8 – середні точки маршрутів; 3, 6, 9 – нижні точки маршрутів)

Характерною особливістю ґрунтів Карпат є невисокі значення об'ємної маси, яка зменшується вниз схилом. У різних районах гірсько-лісового поясу Карпат, де безпосередньо на денну поверхню виходять дуже стійкі до вивітрювання флішові породи, які складаються із блоків масивних піщаників, поширені підвісні ґрунти [4]. Із усіх досліджуваних нами ґрунтів, підвісні ґрунти в урочищі "Корнійівка" мали найменшу об'ємну масу (0,140 – 0,235 г/см³), внаслідок чого при значній питомій активності ^{137}Cs у ґрунті (2110 Бк/кг) щільність забруднення невисока (1,20 Кі/км²). При об'ємній масі – 1 щільність забруднення цього ґрунту сягала б 5,70 Кі/км². Питома активність ^{137}Cs у підвісних ґрунтах вища, ніж у мохах. Активність ^{137}Cs у пагонах чорниці становила 309 – 360 Бк/кг.

За результатами гамма-спектрометричного аналізу визначали коефіцієнти акумуляції (КА) та коефіцієнти переходу (КП) ^{137}Cs із ґрунту у компоненти біоти. Коефіцієнти дають змогу кількісно оцінити рух радіоцезію у лісових екосистемах, міру залучення радіонуклідів у рослинність як основну ланку біогеохімічного кругообігу речовин. Найбільші значення коефіцієнтів акумуляції і переходу встановлено у папороті – 14,74 і 133,98 відповідно, брусниці – 1,51 і 35,1, плауна булавовидного – 2,62 і 23,79, чорниці – 1,69 і 15,34. Малина навіть при питомій активності ^{137}Cs у ґрунті 732 Бк/кг не акумулює ^{137}Cs . Акумуляція ^{137}Cs грибами нами не досліджувалася через їх відсутність у період проведення досліджень. За даними російських учених, у лісових біогеоценозах понад 50 % запасу ^{137}Cs біоти утримується грибами (5 – 10 % – у плодових тілах, 90 – 95 % – у міцелії) [12].

Висновки. В акумулятивних елементах рельєфу лісових екосистем Карпат, які зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи (особливо у нижніх частинах схилів), утворюються геохімічні поля з підвищеним вмістом ^{137}Cs . Необхідно

провести детальне обстеження лісів Івано-Франківської та Чернівецької областей, створити карти радіоактивно забруднених лісових земель і продукції лісів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вивчення радіаційної ситуації в лісових масивах та радіоекологічний контроль продукції лісового господарства (Івано-Франківська область). Звіт про науково-дослідну роботу / ІФНВРЛ УкрНДЦЛГА – Івано-Франківськ, 1996. – 34 с.
2. *Волошин І.* Теоретичні засади еколого-геохімічних досліджень // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – 2004. – Вип. 31. – С. 72 – 78.
3. *Гамалій І. П.* Наукові підходи до раціональної організації радіоактивно забруднених агроландшафтів / Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія. – Вінниця, 2004. – Вип. 7. – С. 83 – 90.
4. *Гоголев Н. И.* Почвы горных вертикальных зон // Природа Украинской ССР. Почвы. – К.: Наук. думка, 1986. – С. 147 – 160.
5. *Григор'єва Л. І., Томлін Ю. А.* Природно-техногенні чинники формування дози йонізуючого випромінювання для населення Півдня України // Екологія та ноосферологія. – Київ – Дніпропетровськ, 2006. – Том 17, № 3 – 4. – С. 104 – 108.
6. *Давидчук В. С.* Ландшафтні передумови еволюції радіологічної ситуації // Український географічний журнал. – 2001. – № 2. – С. 47 – 51.
7. *Краснов В. П., Орлов О. О.* Радіаційний моніторинг лісових екосистем на прикладі дикорослих ягідних рослин // Науковий вісник: Лісівничі дослідження в Україні: Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002. – Вип. 12.4. – С. 151 – 154.
8. *Одум Ю.* Экология: В 2-х т. Т. 2. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 373 с.
9. *Петлін В. М.* Ландшафтно-екологічна експертиза: Навч. посібн. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2005. – 236 с.
10. Рамкова Конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат. Ратифіковано Законом України № 1672-IV від 07.04.2004 р.
11. *Тюрюканова Э. Б.* Биогеохимические циклы радионуклидов и их стабильных аналогов // Биологическая роль микроэлементов. – М.: Наука, 1983. – С. 28 – 35.
12. *Цветнова О. Б., Щеглов А. И.* Аккумуляция ¹³⁷Cs высшими грибами и их роль в биогеохимической миграции нуклида в лесных экосистемах // Вестн. Московского универ. – Сер. 17. Почвоведение. – 1996. – № 4. – С. 59 – 69.

Prykhodko N. F.

¹³⁷Cs ACCUMULATION AND MIGRATION IN FOREST ECOSYSTEMS IN THE CARPATHIAN MOUNTAINS

Ukrainian Research Institute for Mountain Forestry named after P. S. Pasternak

Results of radiological researches in the Carpathians are presented. Geochemical fields with high level of ¹³⁷Cs are found in accumulative elements of relief.

Key words: radioactive contamination, specific activity, radioactive contamination density, coefficient of accumulation, transition coefficient.

Приходько Н. Ф.

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ И МИГРАЦИИ ¹³⁷CS В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ КАРПАТ

Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства им. П. С. Пастернака

Приведены результаты радиологических исследований. Установлено, что в аккумулятивных элементах рельефа образуются геохимические поля с повышенным содержанием ¹³⁷Cs.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, удельная активность, плотность загрязнения, коэффициент аккумуляции, коэффициент перехода.

Одержано редколегією 12.12.2008 р.