УДК 502.75

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ ПЛЮМБУМУ
ТА КАДМІЮ В РОСЛИННОМУ ОПАДІ ТА ҐРУНТАХ
ЯВОРІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ**

В. Снітинський, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-9633-1004

П. Хірівський, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-7246-9260

Ю. Корінець, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-8920-3186

Львівський національний аграрний університет

<https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.005>

Снітинський В., Хірівський П., Корінець Ю. Екологічна оцінка вмісту Плюмбуму та Кадмію в рослинному опаді та ґрунтах Яворівського національного природного парку

Останнім часом у результаті промислового забруднення навколишнього середовища важкими металами почастішали факти прояву гострих і хронічних токсичних ефектів. Тому актуальним є вивчення процесів накопичення двох найбільш токсичних полутантів, а саме Плюмбуму та Кадмію в опаді деревної рослинності, верхній і нижній лісовій підстилці, а також ґрунтах Яворівського національного природного парку.

Проведені дослідження показали, що концентрація Плюмбуму в рослинному опаді Яворівського НПП коливається в досить широких межах і може сягати до 11,4 мг/кг. Дещо нижча його концентрація була у верхній та нижній лісовій підстилці і становила відповідно 5,8–8,3 та 4,8–8,0 мг/кг сухої маси. Значні коливання вмісту Плюмбуму зареєстровано в зразках ґрунту, де концентрація цього елемента становила від 17,0 до 30,0 мг/кг.

Нагромадження Плюмбуму у верхній підстилці залежить від типу лісорослинних умов. Так, у бору концентрація Плюмбуму у верхній підстилці є значно вища порівняно з грудом. Обернену картину накопичення Плюмбуму спостерігали в нижній підстилці.

Залежно від типу мезорельєфу концентрація Плюмбуму в досліджуваних субстратах була такою: в опаді найбільшу концентрацію спостерігали на понижених ділянках, верхній та нижній підстилках на плато. Найменшою концентрація Плюмбуму у верхній та нижній підстилці була на схилі, а найвищою – в опаді на пониженні. Аналогічну картину спостерігали і з нагромадженням Плюмбуму в ґрунтах.

Концентрація Кадмію в опаді коливається в межах від 0,3 до 0,9 мг/кг. Дещо менший його вміст спостерігали у верхній та нижній лісовій підстилці. Кількість цього елемента в зразках ґрунту становила від 3,5 до 9,9 мг/кг.

Залежно від типу мезорельєфу концентрація Кадмію у досліджуваних субстратах була такою: в опаді найбільший вміст спостерігали на понижених ділянках, верхній та нижній підстилках на плато, а найменший – в опаді, нижній та верхній підстилці на схилі. Аналогічну картину спостерігали і з нагромадженням Кадмію в ґрунтах.

Ключові слова: Плюмбум, Кадмій, ґрунт, лісова підстилка.

Snitynskyi V., Khirivskyi P., Korinets' Yu. Environmental assessment of Plumbum and Cadmium in plant litter and soil of the Yavoriv National Natural Park

Recently, as a result of the industrial heavy metal pollution of the environment, the facts of acute and chronic toxic effect manifestations have become more frequent.

Therefore, it is important to study the accumulation processes of two most toxic pollutants, namely: plumbum and cadmium, in the tree waste, the upper and lower forest floor as well as the soils of the Yavoriv National Natural Park.

The conducted studies have shown that the plumbum concentration in the plant litter of the Yavoriv NNP varies widely enough and can reach up to 11,4 mg/kg. Its concentration was a little lower in the upper and lower forest floor and was respectively 5,8–8,3 and 4,8–8,0 mg/kg of dry weight. Significant plumbum variations were recorded in the soil samples where the concentration of this element ranged from 17,0 to 30,0 mg/kg.

The accumulation of plumbum in the upper forest floor depends on a forest site type. The plumbum concentration in the upper floor is much higher in the pine forest than in the leafy forest. A reverse trend of the plumbum accumulation is observed in the lower forest floor.

Depending on a type of mesorelief the plumbum concentration in the investigated substrates is as follows: the highest concentration in the plant litter is observed in the lowered areas, upper and lower floors on the plateau. The lowest

plumbum concentration in the upper and lower floor is observed on a slope, and the highest concentration is in the litter in the lowered areas. A similar trend is observed in the plumbum accumulation in soils.

The cadmium concentration in the plant litter ranges from 0,3 to 0,9 mg/kg. Its content was slightly lower in the upper and lower forest floor. The amount of this element in the soil samples ranged from 3,5 to 9,9 mg/kg.

Depending on the type of mesorelief the cadmium concentration in the studied substrates is as follows: the highest concentration in the litter is observed in the lowered areas, upper and lower floors on the plateau, whereas the lowest cadmium concentration in the litter of the upper and lower floor is observed on slopes. A similar trend is observed in the cadmium accumulation in soils.

Key words: plumbum, cadmium, soil, forest floor.

Постановка проблеми. У природі налічується 78 важких металів, а їхня загальна маса не перевищує 1,2 % загальної маси літосфери.

Найчастіше ґрунт забруднюється такими важкими металами, як залізо, марганець, мідь, цинк, молібден, кобальт, ртуть, свинець, кадмій та ін. Вони відомі і під назвою мікроелементів, оскільки необхідні рослинам у невеликих кількостях.

У багатьох випадках важкі метали містяться в ґрунтах у незначних кількостях і не є шкідливими. Проте концентрація їх у ґрунті може зростати за рахунок вихлопних газів транспортних засобів, вивезення в поле мулу зі станцій очисних споруд, зрошення стічними водами, відходів, залишків і викидів під час експлуатації шахт і промислових майданчиків, внесення фосфорних та органічних добрив, застосування пестицидів та ін.

Надлишок вказаних елементів або наявність деяких токсичних елементів (I, F, U, V, Pb, Cd) навіть у дуже незначних кількостях можуть спричинювати захворювання і навіть загибель рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стійкість ґрунтів до забруднення важкими металами різна, залежно від їхньої буферності. Ґрунти з високою адсорбційною здатністю і відповідно високим вмістом глини, а також органічної речовини можуть втримувати ці елементи [2; 3].

У численних публікаціях наведені дані щодо вмісту важких металів у рослинності, опаді деревних порід та лісовій підстилці. Зазначено, що в листі здорової рослини міститься, мг/кг: магнію – 3000; заліза – 100; бору – 10; марганцю – 40; міді – 26; молібдену – 1 [4; 7; 8]. Дослідники доходять висновку, що наявність елемента можна визначити тільки в умовах, які контролюються і відкидають можливість забруднення цим елементом у ході досліджень через солі, воду та посуд. Зокрема, Я. Генік показує, що у рослині міститься: Cu – 14,0; Zn – 100,0; Mn – 630,0; Cs – 0,2; Sr – 26,0; Pb – 2,7 мг/кг сухої речовини [1]. У незабрудненій хвої і листі різних видів дерев вміст, мг/кг, свинцю не повинен перевищувати 0,5–1,3; нікелю – 1,7–

3,0; хрому – 1,3–7,6; заліза – 0,006–0,03; ванадію – 0,8–4,2; титану – 2,0, сульфору – 22,0; марганцю – 0,01–0,1; міді – 3,3–7,3. У живих тканинах дерева за незабрудненого фону вміст, мг/кг, свинцю не повинен перевищувати 1,0–13,0; ртуті – 0,0001–0,07; кадмію – 0,04–0,5; нікелю – 0,4–3,0; хрому – 0,2–1,0; цинку – 15,0–100,0; ванадію – 0,1–10,0; міді – 2,0–12,0; кобальту – 0,3–5,0; селену – 0,02–20,0; молібдену – 0,3–5,0; олова – 0,8–6,0 [1; 5; 6].

Постановка завдання. Ми ставили завдання вивчити умови нагромадження Плюмбуму та Кадмію в опаді деревної рослинності та верхній і нижній лісовій підстилці різних формацій рослинності Яворівського національного природного парку.

Дослідження передбачали комплексний підхід до вивчення лісорослинних умов парку та забрудненості важкими металами опадів деревно-чагарникової рослинності, верхньої і нижньої частин лісової підстилки.

Виклад основного матеріалу. Концентрацію та акумуляцію Плюмбуму та Кадмію досліджували окремо за кожним елементом і давали порівняльну характеристику їхнього нагромадження на десятих пробних площах. Для цього відбирали проби ґрунту, опадів, верхньої та нижньої підстилки у типових місцезростаннях у 5–10 повторностях за напрямками на захід, схід, північ і південь від центру ділянки. Вміст Плюмбуму та Кадмію визначали у досліджуваних об'єктах за методом атомно-абсорбційної спектроскопії (ДСТУ 4770.1-9:2007).

Концентрація Плюмбуму в опаді рослинності Яворівського НПП коливається в межах від 6,2 до 11,4 мг/кг (табл. 1). Дещо інший його вміст був у верхній та нижній лісовій підстилці – відповідно 5,5–8,8 та 4,5–7,9 мг/кг сухої маси. Аналогічно достатньо широкий розмах коливань Плюмбуму спостерігали в зразках ґрунту, де концентрація цього елемента становила від 16,6 до 29,0 мг/кг.

Аналізуючи середні значення концентрації Плюмбуму в опаді, ґрунті, верхній та нижній підстилці, можна дійти висновку, що найбільша акумуляція елемента в опаді – 9,1 мг/кг (рис. 1). Дещо менше нагромадження його було у верхній – 7,3 мг/кг – та нижній – 5,9 мг/кг – підстилці деревно-чагарникової рослинності. Найвища концентрація Плюмбуму була в ґрунті, що свідчить про його низьку фільтраційну здатність і високу персистентність.

Нагромадження елемента у верхній підстилці залежно від типу лісорослинних умов інтенсивніше в бідніших умовах. Так, у бору концентрація Плюмбуму у верхній підстилці складає 7,9 мг/кг, а в груді – 6,7 мг/кг. Обернену картину

нагромадження елемента спостерігали в нижній підстилці. Тут акумуляція Плюмбуму найвища у груді – 9,3 мг/кг, а найнижча у бору – 7,8 мг/кг (табл. 2).

Залежно від типу мезорельєфу концентрація Плюмбуму у досліджуваних субстратах (табл. 3) була такою: в опаді найбільшу концентрацію спостерігали на понижених ділянках – 9,8 мг/кг, верхній та нижній підстилках на плато – відповідно 8,7 та 8,1 мг/кг сухої маси. Найменшу концентрацію елемента у верхній та нижній підстилці спостерігали на схилі – відповідно 5,2 та 5,1 мг/кг, а найвищу – 9,8 мг/кг – в опаді на пониженні. Аналогічну картину спостерігали і з нагромадженням Плюмбуму в ґрунтах.

Таблиця 1

Нагромадження Плюмбуму в опаді та підстилці

Пробна площа	Концентрація елемента, мг/кг			
	опад	верхня підстилка	нижня підстилка	ґрунт
1	9,9	7,4	4,5	29,0
2	8,5	6,8	5,0	27,3
3	9,8	8,8	6,5	29,1
4	6,2	5,9	5,8	20,0
5	7,3	6,0	4,9	26,4
6	9,6	8,5	7,2	16,6
7	9,4	5,5	5,2	17,7
8	10,6	7,8	5,0	28,5
9	11,4	8,6	7,9	26,7
10	8,9	8,2	6,6	25,6

Рис. 1. Середні значення концентрації Плюмбуму в опаді, ґрунті, верхній та нижній підстилці, мг/кг.

Таблиця 2

Нагромадження Плюмбуму залежно від типу лісорослинних умов

Субстрат	Тип лісорослинних умов			
	A	B	C	D
Опад	7,8	6,8	6,5	6,7
Верхня підстилка	7,9	6,6	6,1	6,7
Нижня підстилка	7,8	6,7	6,1	9,3
Ґрунт	26	23	24	20

Як видно з рис. 2, найвищу концентрацію Плюмбуму (26,0 мг/кг) реєстрували на понижених ділянках, а найнижчу (14 мг/кг) – на схилах, що свідчить про його поверхневий стік з водними потоками.

Концентрацію Кадмію в опаді деревно-чагарникової рослинності, верхній і нижній лісовій підстилці та ґрунті показано у табл. 4.

Концентрація цього елемента в опаді Яворівського НПП коливається в межах від 0,3 до

0,9 мг/кг. Дещо менший розмах у верхній та нижній лісовій підстилці – відповідно 0,4–0,9 та 0,2–0,5 мг/кг сухої маси. Достатньо великий розмах коливань концентрації Кадмію зареєстровано в зразках ґрунту – від 3,0 до 9,1 мг/кг. Аналізуючи середні значення концентрації Кадмію в опаді, верхній та нижній підстилці, можна дійти висновку, що найбільша акумуляція елемента відбувається у верхній підстилці – 8,1 мг/кг (рис. 3).

Таблиця 3

Нагромадження Плюмбуму залежно від мезорельєфу

Субстрат	Мезорельєф			
	плато	схил	рівнина	пониження
Опад	7,7	6,5	7,2	9,8
Верхня підстилка	7,4	5,2	7,4	8,7
Нижня підстилка	6,3	5,1	6,5	8,1
Ґрунт	20	14	18	26

Рис. 2. Нагромадження Плюмбуму залежно від мезорельєфу, мг/кг.

Таблиця 4

Нагромадження Кадмію в опаді та підстилці

Пробна площа	Концентрація елемента, мг/кг			
	опад	верхня підстилка	нижня підстилка	ґрунт
1	0,9	0,4	0,4	5,5
2	0,5	0,4	0,3	7,3
3	0,8	0,5	0,4	9,1
4	0,8	0,9	0,8	3,0
5	0,3	0,4	0,5	7,4
6	0,6	0,6	0,6	6,6
7	0,4	0,5	0,2	7,7
8	0,6	0,4	0,4	8,5
9	0,4	0,3	0,5	6,7
10	0,9	0,5	0,2	5,6

Дещо менша акумуляція в нижній підстилці – 5,7 мг/кг і найнижча – в опаді деревно-чагарникової рослинності – 4,8 мг/кг. Найбільше Кадмію нагромаджується в ґрунті, що свідчить про його низьку фільтраційну здатність щодо цього елемента.

Нагромадження Кадмію у верхній підстилці залежно від типу лісорослинних умов (табл. 5) інтенсивніше відбувається в бідніших умовах порівняно з багатими. Так, у бору концентрація цього елемента у верхній підстилці складає 0,8 мг/кг, а в груді – 0,4 мг/кг. Обернену картину спостерігали в нижній підстилці. Тут акумуляція елемента найвища у груді – 0,9 мг/кг, а найнижча у бору – 0,4 мг/кг.

Залежно від типу мезорельєфу концентрація кадмію у досліджуваних субстратах (рис. 4) відбувається так: в опаді найбільша концентрація спостерігається на понижених ділянках – 1,2 мг/кг, верхній та нижній підстилках на плато – відповідно 0,9 та 0,7 мг/кг сухої маси. Нижчою концентрація Кадмію була в опаді, нижній та верхній підстилці на схилі – відповідно 0,7, 0,4 та 0,5 мг/кг. Аналогічну картину спостерігали і з нагромадженням Кадмію в ґрунтах. Як видно з табл. 5, найвищу концентрацію Кадмію (7,1 мг/кг) реєстрували в понижених ділянках, а найнижчу – на схилах, що свідчить про поверхневий стік вказаного елемента з водними потоками.

Рис. 3. Середні значення концентрації Кадмію в опаді, ґрунті, верхній та нижній підстилці, мг/кг.

Таблиця 5

Нагромадження Кадмію залежно від типу лісорослинних умов

Субстрат	Тип лісорослинних умов			
	A	B	C	D
Опад	0,8	0,5	0,6	0,4
Верхня підстилка	0,6	0,5	0,4	0,6
Нижня підстилка	0,4	0,7	0,6	0,9
ґрунт	6,3	5,3	6,0	7,1

Рис. 4. Нагромадження Кадмію залежно від мезорельєфу, мг/кг.

Висновки

1. Концентрація Плюмбуму в рослинному опаді Яворівського НПП коливається в межах від 6,2 до 11,4 мг/кг. Дещо ширший діапазон був у верхній та нижній лісовій підстилці та ґрунті – відповідно 5,5–8,8; 4,5–7,9 та 16,6–29,0 мг/кг сухої маси.

2. Нагромадження Плюмбуму у верхній підстилці залежить від типу лісорослинних умов. Так, у бору концентрація елемента у верхній підстилці складає 7,9 мг/кг, а в груді – 6,7 мг/кг. У нижній підстилці акумуляція Плюмбуму найвища в груді – 9,3 мг/кг, а найнижча у бору – 7,8 мг/кг.

3. Залежно від типу мезорельєфу нагромадження Плюмбуму у досліджуваних субстратах відбувається так: в опаді найбільше досліджуваних елементів було на понижених ділянках – 9,8 мг/кг, верхній та нижній підстилках на плато – відповідно 8,7 та 8,1 мг/кг сухої маси. Найнижчу концентрацію Плюмбуму виявили у верхній та нижній підстилці на схилі – відповідно 5,2 та 5,1 мг/кг, а найвищу – 9,8 мг/кг – в опаді на пониженні. Аналогічну картину спостерігали і з нагромадженням Плюмбуму в ґрунтах.

4. Концентрація Кадмію в опаді коливається в межах від 0,3 до 0,9 мг/кг. Дещо менший розмах у верхній та нижній лісовій підстилці – відповідно 0,4–0,9 та 0,2–0,5 мг/кг сухої маси. Достатньо значні коливання зареєстровано у зразках ґрунту, де концентрація цього елемента становила від 3,0 до 9,1 мг/кг.

5. Нагромадження Кадмію у верхній підстилці залежало від типу лісорослинних умов. Так, у бору концентрація елемента у верхній підстилці складає 0,8 мг/кг, а в груді – 0,4 мг/кг.

6. Залежно від типу мезорельєфу концентрація Кадмію у досліджуваних субстратах відбувається так: в опаді найбільший вміст елемента спостерігали в понижених ділянках – 1,2 мг/кг, верхній та нижній підстилках на плато – відповідно 0,9 та 0,7 мг/кг сухої маси. Найнижчою концентрація Кадмію була в опаді, нижній та верхній підстилці на схилі – відповідно 0,7; 0,4 та 0,5 мг/кг.

Бібліографічний список

1. Генік Я. В. Нагромадження важких металів у ґрунтах та фітомасі комплексної зеленої зони Львова: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Львів, 1994. 23 с.
2. Гірій В. А., Колісник І. А., Косовець О. О., Табачний Л. Я. Стан забруднення навколишнього природного середовища на території України у 2011 році. *Праці Центральної геофізичної обсерваторії*. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2012. Вип. 8 (22). С. 27–42.
3. Гуралячук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. Київ: Логос, 2006. 208 с.
4. Жовинський Є. Я., Кураєва І. В., Самчук А. І. Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України. Київ: Логос, 2005. 104 с.
5. Снітинський В. В., Хірівський П. Р., Гнатів П. С., Корінець Ю. Я., Панас Н. Є. Екотоксикологія. Херсон: Олді-плюс, 2018. 330 с.
6. Щорічник забруднення ґрунтів України за даними системи спостережень гідрометслужби за 2010 р. Київ: ЦГО, 2011.
7. Яковенко О. В., Самчук А. І., Кураєва І. В., Манічев В. Й. Особливості забруднення ґрунтів кадмієм та іншими важкими металами підприємствами кольорової металургії. *Мінералогічний журнал*. 2011. № 2. С. 96–100.
8. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in Soils and Plants. CRC Press. 2001. 412 p.

Стаття надійшла 16.04.2019.