

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-521-1-6>

**IMPACT OF METEOROLOGICAL CONDITIONS
ON THE MIGRATION AND ACCUMULATION
OF HEAVY METALS IN LANDFILL SOILS
OF TOURIST AREAS IN LVIV REGION**

**ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА МІГРАЦІЮ ТА
АКУМУЛЯЦІЮ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ
СМІТТЄЗВАЛИЩ ЛЬВІВЩИНИ**

Korol K. A.

*Doctor of Philosophy,
Lecturer at the Department
of Environmental Safety
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine*

Король К. А.

*доктор філософії,
викладач кафедри екологічно безпеки
Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна*

Popovych V. V.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice-Rector for Research
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine*

Попович В. В.

*доктор технічних наук, професор,
проректор з наукової роботи
Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна*

Bojko T. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Vice-Rector for Service Organization
and Training
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine*

Бойко Т.В.

*кандидат технічних наук,
проректор університету з організації
служби та підготовки
Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна*

Проблема забруднення довкілля через сміттєзвалища є серйозним викликом для екології, особливо в туристичних зонах, де антропогенний вплив багатofакторний. Накопичення твердих побутових відходів спричиняє підвищення концентрації важких металів (Pb, Cd, Cu, Zn) у ґрунтах, що може впливати на довкілля, зокрема на підземні води, рослинність і здоров'я людини. Метеорологічні умови, зокрема температура, вологість та опади, впливають на міграцію і акумуляцію цих металів через зміни хімічних процесів у ґрунтах [1, 6, 10].

Львівська область володіє різноманітним ландшафтом і помірно континентальним кліматом, важливий туристичний регіоном. Висока

вологість сприяє розвитку рослинності, але й підвищує ризик ерозії ґрунтів і міграції забруднень. Львівщина є популярною туристичною зоною, зокрема Карпатський регіон та курорти Трускавець і Східниця, що створює антропогенне навантаження через великі обсяги відходів [8].

Для дослідження впливу метеорологічних умов на міграцію та акумуляцію важких металів було вибрано три сміттєзвалища у Львівській області – Броницьке, Бориславське та Стрийське. Вони розташовані поблизу туристичних зон, що створює додаткове антропогенне навантаження.

Броницьке сміттєзвалище: знаходиться за 7 км від Дрогобича, в передгір'ї Карпат. Територія з хвилястим рельєфом, схильна до водної ерозії. Основні ґрунти – буроземи, що погано утримують важкі метали. Рівень опадів – 800–900 мм на рік, висока вологість (до 85%) сприяють вилугованню металів.

Бориславське сміттєзвалище: розташоване поблизу Борислава, відомого нафтовими родовищами. Ґрунти буроземні з домішками глин, часто забруднені нафтовими відходами. Річна кількість опадів – 750–850 мм, складний рельєф з ерозійними формами сприяє міграції токсичних речовин [4].

Стрийське сміттєзвалище: знаходиться на рівнинній території поблизу Стрия. Ґрунти – дерново-глеєві з низькою водопроникністю. Характеризується частим підтопленням під час паводків. Оподи – 650–750 мм на рік, що в поєднанні із застійними водами сприяє накопиченню забруднень.

Дослідження зосереджувалося на впливі метеорологічних умов (температури, вологості, опадів) на міграцію та акумуляцію важких металів (Pb, Cd, Cu, Zn) у ґрунтах сміттєзвалищ Броницького, Бориславського та Стрийського. Проби ґрунту відбиралися на двох глибинах (0–10 см і 10–20 см) з чотирьох напрямків (північ, південь, схід, захід). Лабораторний аналіз включав кислотну екстракцію та атомно-абсорбційну спектроскопію для визначення концентрацій важких металів [5].

Оцінка токсичності ґрунтів проводилася біотестуванням з використанням рослин (конюшина лучна і ячмінь звичайний). Зразки ґрунту відбиралися з чотирьох напрямків, маркувалися, сушилися при +40 °С, подрібнювалися і просівалися через сито (2 мм). Вміст важких металів (Pb, Cd, Cu, Zn) визначався методом атомно-абсорбційної спектроскопії (ААС) з похибкою до 5%.

Результати показали, що найвищі концентрації металів виявлено у поверхневих шарах (0–10 см), особливо на ділянках із західною та південною експозицією. Максимальні рівні свинцю (Pb) та кадмію (Cd)

зафіксовано на Бориславському сміттєзвалищі через вплив нафтогазових відходів, а цинку (Zn) – на Стрийському через застій вологи.

Для оцінки впливу кліматичних умов на міграцію важких металів у ґрунтах використовувалися дані метеоспостережень (2021–2023 роки) поблизу досліджуваних сміттєзвалищ. Аналізувалися середньомісячні температури, рівень вологості та кількість опадів.

Броницьке і Бориславське сміттєзвалища характеризували високі опади які сприяють вилугувували свинець (Pb) і кадмій (Cd) у глибші шари ґрунту, особливо навесні та влітку. Стрийському сміттєзвалищі характерний застій води в ґрунті, що сприяє накопиченню цинку (Zn) і міді (Cu), підвищуючи токсичність верхніх шарів. Навесні танення снігу активує вимивання металів, влітку висока температура (+30 °C) збільшує їхню мобільність, а взимку хімічні процеси сповільнюються, хоча накопичення снігу готує умови для весняного вимивання.

Оцінка токсичності ґрунтів проводилася біотестуванням з використанням чутливих до важких металів культур: *Trifolium pratense* (конюшина лучна) та *Hordeum vulgare* (ячмінь звичайний). Проби ґрунтів із трьох сміттєзвалищ відбиралися на двох глибинах (0–10 см і 10–20 см). Біотестування тривало 14 днів, протягом яких оцінювали проростання насіння, довжину пагонів і коренів, а також біомасу.

Проростання *Trifolium pratense* знижено до 65% через високі концентрації свинцю (Pb) і кадмію (Cd). Довжина пагонів скоротилася на 40%, біомаса значно знизилася на Броницькому сміттєзвалищі.

Проростання *Hordeum vulgare* становило 75%, але довжина коренів зменшилась на 45% через вміст міді (Cu) і цинку (Zn) у глинистих ґрунтах Бориславського сміттєзвалища.

Проростання *Trifolium pratense* на Стрийському сміттєзвалищі сягнуло 70%, проте застій вологи й високий рівень цинку (Zn) негативно вплинули на розвиток кореневої системи.

Дослідження виявило, що забруднення ґрунтів важкими металами (Pb, Cd, Cu, Zn) суттєво негативно впливає на проростання, розвиток рослин та біомасу проростків, що свідчить про високий рівень токсичності екосистем на сміттєзвалищах. Концентрації металів значно залежать від глибини ґрунтів, типу ґрунту та метеорологічних умов, зокрема температури, вологості й кількості опадів, які впливають на міграцію та акумуляцію токсичних елементів.

Зокрема, найвищі концентрації свинцю та кадмію на Броницькому сміттєзвалищі викликали значне пригнічення проростання *Trifolium pratense*, тоді як Бориславське сміттєзвалище показало обмеження розвитку кореневої системи *Hordeum vulgare* через вміст міді та цинку. На Стрийському сміттєзвалищі застій вологи посилював токсичний вплив цинку.

Для мінімізації екологічних ризиків доцільно впроваджувати моніторинг рівня забруднення важкими металами, використовувати технології рекультивациі, ізоляції забруднених ділянок та фітореMediaції. Оптимізація управління відходами й підвищення екологічної свідомості населення є ключовими заходами для покращення стану довкілля та сталого розвитку регіону.

Література:

1. Frazer-Williams R., Sankoh A. Soil Contamination Resulting from Inefficient Solid Waste Management. 2024. DOI: 10.1016/b978-0-323-95967-4.00010-6.

2. Haddad M., Al-Nuri Q. Leaching Behavior of Pb, Cd, and Cu from Domestic Solid Waste Over Three Types of Soil Columns Under Different Rainfall Loading. *Journal of Environmental Science and Engineering Technology*. 2024. DOI: 10.12974/2311-8741.2024.12.01.

3. Hu H.-X., Zheng H., Liu F., Ding Z., Wang Z., Peng Y., Zhang D., Zhang Y., Zheng Y., Ding A. Heavy Metal Contamination Assessment and Source Attribution in the Vicinity of an Iron Slag Pile in Hechi, China: Integrating Multi-Medium Analysis. *Environmental Research*. 2024. DOI: 10.1016/j.envres.2024.120206.

4. Король К. А. Фізико-хімічні властивості талого снігу сміттєзвалищ туристично-рекреаційного комплексу Львівської області. *Екологічні науки*. 2022. 2(41). DOI: 10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.30.

5. Король К., Попович В. Spectral analysis method for distinguishing heavy metals pollution in the pioneer vegetation of landfills located within the prikarpatian geobotanical district of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24(1). 29–37. DOI: 10.12912/27197050/154910.

6. Kostoeva A., Evloeva A., Aktalieva A. Assessment of Soils for Heavy Metals by Atomic Absorption Spectrometry (Zn, Pb, Cd, Cu). От химии к технологии шаг за шагом. 2024. DOI: 10.52957/2782-1900-2024-5-3-111-119.

7. Kumar M., Mani D., Sahu V., Vishwakarma H., Verma J., Ojha R. K. Metallic Pollution of Soil and Its Impact on Human Health. 2024. DOI: 10.58532/v3bcagp1ch28.

8. Мотрич С., Король К., Попович В. Чинники впливу Броницького сміттєзвалища Львівської області на регіональну екологічну безпеку. *Екологічні науки*. 2019. 1(28). DOI: 10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.28.

9. Mousavi S. M., Raiesi T., Sedaghat A., Srivastava A. K. Potentially Toxic Metals: Their Effects on the Soil-Human Health Continuum. *Journal of Advances in Environmental Health Research*. 2024. DOI: 10.34172/jaehr.1328.

10. Rabha S. The Impact of Heavy Metal Accumulation on Agricultural Soils and Its Mitigation. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*. 2024. DOI: 10.56557/upjoz/2024/v45i204567.

11. Sarma H. P., Rajkumar A., Baró B. C., Das N. C., Talukdar N. C. Impact of Heavy Metal Contamination on Soil and Crop Ecosystem with Advanced Techniques to Mitigate Them. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. 2024. DOI: 10.9734/jabb/2024/v27i6865.

12. Tripathi K. M., Kumar D., Mishra S. Effect of Contamination of Heavy Metals in Soil and Its Mitigation Strategies: A Review. *International Journal of Plant and Soil Science*. 2024. DOI: 10.9734/ijpss/2024/v36i74715.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-521-1-7>

GASIFICATION OF COAL-CONTAINING WASTE

ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГЛЕВМІСНИХ ВІДХОДІВ

Lysy N. R.

*Postgraduate Student at the Department
of Environmental Safety
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine*

Лисий Н. Р.

*аспірант кафедри екологічної безпеки
Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна*

Helesh A. B.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of
Chemistry and Technology of Inorganic
Substances Lviv Polytechnic National
University
Lviv, Ukraine*

Гелеш А. Б.

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри хімії і технології
неорганічних речовин
Національний університет
«Львівська політехніка»
м. Львів, Україна*

Popovych V. V.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice-Rector for Research
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine*

Попович В. В.

*доктор технічних наук, професор,
проректор з наукової роботи
Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна*

У попередніх роботах [1–3] було обґрунтовано необхідність переробки вуглецевмісних відходів. Зокрема було показано, що для перероблення крупнотонажних відходів вуглевидобутку та дерев'яних залізничних шпал економічно доцільно та технологічно можливо