

УДК 631.417.1:551.435.11(477.86)
DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.111.07>

Олексій БЕРЕЗОВСЬКИЙ¹, канд. с.-г. наук
ORCID ID: 0000-0002-0909-1119
e-mail: ol1111bz@gmail.com

Світлана МІДИК¹, канд. вет. наук, ст. дослідник
ORCID ID: 0000-0002-2682-2884
e-mail: svit.mid@gmail.com

Валентина КОРНІЄНКО^{1,2}, д-р біол. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0003-0403-7727
e-mail: kornienko-valentina1966@ukr.net

Оксана САМКОВА²
ORCID ID: 0000-0002-2132-3357
e-mail: samkova_op@ukr.net

Оксана ТОНХА¹, д-р с.-г. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0002-0677-5494
e-mail: tonkha.o@nubip.edu.ua

Юрій ВІШОВАН¹, д-р філософії
ORCID ID: 0000-0003-1128-593X
e-mail: anatomi1991@gmail.com

Лариса СЕМЕНКО¹, канд. с.-г. наук, ст. наук. співроб.
ORCID ID: 0000-0002-4586-3681
e-mail: Larisa-s@ukr.net

Максим СМІРНІЙ³, асп.
ORCID ID: 0009-0000-1274-6596
e-mail: maksim.smirnyy@gmail.com

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

²Українська лабораторія якості і безпеки продукції АПК, Київ, Україна

³Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПОЛІЦИКЛІЧНИМИ АРОМАТИЧНИМИ ВУГЛЕВОДНЯМИ МУЛУ І ҐРУНТУ ДНІСТРОВСЬКОГО КАНЬЙОНУ В МЕЖАХ ГОРОДЕНКІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, ст. дослідником Олександром МЕНЬШОВИМ)

Вступ. Проведено оцінку стану забруднення екоотоксикантами ґрунтів і річкового осаду на території Городенківської територіальної громади, що прилягає до Дністровського регіонального ландшафтного парку (РЛП) та розташована на правобережжі річки Дністер.

Метод. Високоєфективною рідинною хроматографією (ВЕРХ) проаналізовано проби мулу і ґрунту на вміст 15 поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ): нафталену, аценафтену, флуорену, фенантрену, антрацену, флуорантену, пірену, бенз(а)антрацену, хризену, бенз(б)флуорантену, бенз(к)флуорантену, бенз(а)пірену, дибенз(а,і)антрацену, бенз(ghi)перилену, індено(1,2,3-сd)пірену. Відбір проб проводили в локаціях Коломийського району, в Івано-Франківській обл., які віддалені від джерел забруднень (фоновий вміст забруднювальних речовин) та безпосередньо біля джерел забруднень (автодороги, стічні води).

Результати. Серед усіх відібраних зразків поверхневого ґрунту та річкового осаду сума концентрації 15 ПАВ була найнижчою в лісовому ґрунті (103 мкг/кг). У пробі річкового осаду річки Дністер сумарна концентрація становила 449 мкг/кг. У пробах річкового осаду річок Леміць і Дереновець, в напрямку від населених пунктів с. Стрільче і с. Серафимці до Дністра, виявлена загальна концентрація ПАВ була значно вищою, ніж у річці Дністер. Вона знижувалася в цьому напрямку з максимальної 11471 мкг/кг (проби відібрані до очисних споруд) до 2005 мкг/кг. На березі річки Леміць у ґрунті вона становила 583 мкг/кг.

Висновки. Висока концентрація ПАВ в окремих пробах річкового осаду р. Леміць і р. Дереновець може бути зумовлена близькістю їх до автодоріг і населених пунктів, активне їх накопичення через повільну біодеградацію цих сполук у річковому осаді. Найвищу концентрацію суми ПАВ (64,034 мкг/кг) було виявлено у ґрунті придорожньої смуги автомобільної дороги регіонального значення Р24. У зразках ґрунту, відібраних на відстані 300 м від цієї автодороги, виявляли незначний вміст усіх 15 ПАВ (275 мкг/кг) з концентрацією бенз(а)пірену 9,29 мкг/кг, що є нижчими значеннями від гранично допустимої концентрації (20 мкг/кг). Домінування 4–5-кільцевих ПАВ (флуорантен, пірен, хризен, бенз(а)антрацен, бензо(б)флуорантен, бензо(к)флуорантен, бензо(а)пірен) вказує на тривалий вплив джерел забруднення і накопичення цих речовин у ґрунті.

Ключові слова: Дністровський каньйон, ґрунти, поліароматичні вуглеводні, техногенне забруднення, військові дії.

Вступ

Постановка проблеми. Долина Дністра та його приток сильно врізана з крутими, часом каньйоноподібними

схилами, які піднімаються над рівнем Дністра на 150–180 м і більше. Тут річка утворює ряд добре розвинених меандр і формує каньйон завдовжки 250 км. Цей каньйон

© Березовський Олексій, МІДИК Світлана, Корнієнко Валентина, Самкова Оксана, Тонха Оксана, Вішован Юрій, Семенко Лариса, Смирний Максим, 2025

один із найбільших не лише в Україні, а й в Європі та розташований на межі чотирьох областей: Івано-Франківської, Тернопільської, Хмельницької і Чернівецької (Денисик, 1996). Рішенням Івано-Франківської обласної ради від 15 липня 1993 р. та 9 грудня 2016 р., на підставі рішення Тлумацької та Городенківської районних рад було створено комунальне підприємство "Дністровський регіональний ландшафтний парк імені Сергія Дідича", який займає площу 19650 га.

Ґрунтовий покрив території Дністровського РЛП представлений в основному чорноземами типовими малогумусними, часто чорноземами опідзоленими, сірими та світло-сірими лісовими ґрунтами (Адаменко, Зорін, & Мосюк, 2020). Структури забруднень екотоксикантами та джерел трансформації екосистеми р. Дністер мало відрізняються від інших великих річок України. Найбільше впливає гідроенергетика, забруднення промисловими підприємствами, побутовими стоками, а також дифузне забруднення із сільськогосподарських земель. Значний внесок у забруднення вод дають точкові джерела, до яких належать підприємства тваринництва, комунального господарства і промисловості (Дегодюк та ін., 2024), а також забруднення як наслідок військових дій.

Забруднення води стало глобальною проблемою в останні десятиліття в результаті промислового та сільськогосподарського розвитку, наслідком якого є накопичення у водоймах органічних забрудників, таких як поліароматичні вуглеводні (ПАВ) (Wang et al., 2019). Ґрунт є кінцевою мішенню та поглиначем можливих забруднювачів, таких як потенційно токсичні елементи, що розсіяні в різних середовищах внаслідок діяльності людини. Забруднення ґрунту значно зростає в усьому світі та пов'язане з масовою урбанізацією та неконтрольованою сільськогосподарською та інтенсивною промисловою діяльністю (Veremeenko et al., 2021; Войціцький та ін., 2022).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забруднення ґрунтів ПАВ є наслідком як природних процесів, так і антропогенного впливу на екосистеми, а останнім часом додалися забруднення військового характеру. Найчастіше вони утворюються внаслідок згоряння вихлопного палива під час процесів опалення і автомобільних вихлопів, розливу чи пошкодження ємностей з нафтопродуктами (Zhao, Chu, & Gu, 2012). Концентрація ПАВ у ґрунтах сильно відрізняється залежно від того, наскільки активно території зазнають антропогенного впливу, і вона вища в регіонах з більшою кількістю населення, а також у місцях розміщення великих промислових об'єктів (Froger et al., 2021). Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA) визначило список із 16 ПАВ пріоритетними забруднювачами з погляду їх токсичності (U.S. EPA, 1979).

Цей перелік став основою для розробки аналітичних методів визначення ПАВ у навколишньому середовищі. У цьому списку найбільш токсичною сполукою є бенз(а)пірен, тому за його вмістом у різних країнах контролюється стан компонентів екосистем та безпека харчової продукції. Гранично допустима концентрація бенз(а)пірену для ґрунту в Україні регламентується на рівні 0,02 мг/кг (Кабінет Міністрів України, 2025). Підтверджено токсичний і мутагенний вплив поліароматичних вуглеводнів на живі організми за даними багатьох досліджень, в різних країнах (Березовський та ін., 2025; Mallah et al., 2022; Sun et al., 2021; Zhang, & Zhang, 2023). За даними деяких досліджень встановлено також токсичність окремих ПАВ, що раніше не були віднесені до списку пріоритетних, але визначення ступеня їх токсичності та канцерогенності потребує подальших досліджень (Da

Silva Junior et al., 2021). Слід відзначити, що для визначення забруднення ґрунтового покриву останнім часом залучаються дешеві та експресні магнітні методи (Menshov et al., 2012; Menshov, Kruglov, & Sukhorada, 2012; Menshov et al., 2021).

З метою оцінки екологічної ситуації на прилеглий до частини Дністра території, де розташований Національний природний парк "Дністровський каньйон", було проаналізовано на вміст ПАВ донні осади Дністра і окремих річок (р. Лемиць та р. Дереновець), які є частиною басейну р. Дністер; ґрунти на території сільськогосподарських угідь, автодороги і лісу, розташованих на правобережжі Дністра (Городенківська територіальна громада, Коломийський район).

Мета досліджень. Мета роботи – проаналізувати екологічну ситуацію в межах правобережжя Дністровського каньйону (Городенківська територіальна громада) на вміст ПАВ. Завдання – провести дослідження донних осадів (мулу) річок Лемиць, Дереновець та Дністер, куди потрапляють побутові стоки і відходи підприємств харчової переробки, а також ґрунтів з різних локацій відносно автодороги.

Методи

Дослідження ґрунту проводилися на території Коломийського району Івано-Франківської області. Зразки було відібрано на прилеглий території навколо р. Лемиць, які включають в себе ґрунт на березі та на відстані 150 м від неї, територіально с. Стрільче та на відстані 1 м від автодороги Р24, територія лісу на відстані 100–150 м від р. Лемиць і польового ґрунту на відстані 300 м від автодороги. Також було відібрано зразки мулу з річок Дністер, Лемиць і Дереновець. Відбір проводився в триразовій повторності для забезпечення точності відбору зразків. Вага проби ґрунтів та мулу становили 1 кг. Координати точок відбору ґрунту фіксувалися за допомогою GPS картографування (рис. 1).

Дослідження проводилися на базі Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБІП України, яка акредитована згідно з міжнародною системою якості ДСТУ ISO/IEC 17025:2019 для визначення показників родючості ґрунтів та досліджень на вміст ПАВ.

Визначення реакції ґрунтового середовища рН проводили за ДСТУ ISO 10390:2022 Ґрунт, оброблені біовідходи та осади; вмісту амонійного та нітратного азоту згідно з ДСТУ 4729:2007 Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського та органічної речовини (гумусу) за ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини, пункт 8.1, а дослідження на вміст поліароматичних вуглеводнів за методикою відповідно до ДСТУ ISO 13877:2005.

Результати

Усі зразки характеризуються нейтральною та лужною реакцією середовища: 7,9–8,3 одиниць рН. Найвищі показники рН водної витяжки, зафіксовані у зразку ґрунту, відібраному в с. Стрільче на відстані 150 м від р. Лемиць, становили 8,3, тоді як найнижчий показник спостерігався поблизу автодороги Р24 – 7,9 одиниць рН (табл. 1).

Вміст нітратного азоту коливався у межах від 6,3 до 18,3 мг/кг. Найвищі показники встановлено у зразках ґрунту, відібраних на відстані 1 м від автодороги Р24, тоді як найнижчий рівень (6,3 мг/кг) відзначено у ґрунті на березі р. Лемиць. Вміст амонійного азоту суттєво варіював: з максимального значення 67,0 мг/кг у мулі р. Дністер, до найменшого – 6,7 мг/кг – у ґрунті, відібраному в с. Стрільче за 150 м від р. Лемиць.

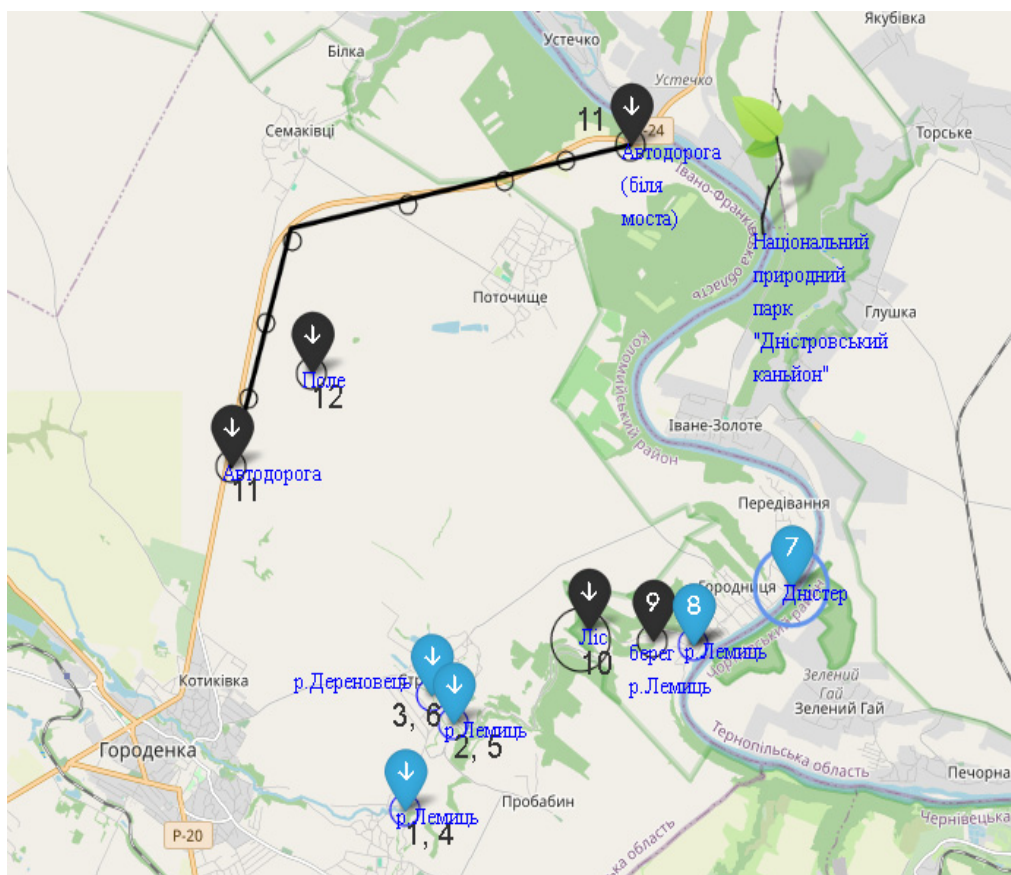


Рис. 1. Карта відбору зразків на прилеглої до Дністровського каньйону території і в річці Дністер: синім кольором позначено локації відбору річкового осаду (1, 2, 3); чорним кольором – зразків ґрунту (глибина 15 см). Цифрами вказано номери об'єднаних проб, кругами – обведено територію, в межах якої проводились окремі відбори зразків; лініями позначено протяжність автодороги з місця початку і закінчення відбору зразків ґрунту (2 м від автодороги, об'єднаний зразок 11)

Вміст гумусу у досліджених зразках коливався від 1,84 до 7,00 %. Найвищий рівень органічної речовини визначено у ґрунті біля автодороги Р24, що може бути зумовлено накопиченням органічних залишків у заболочених умовах. Найнижчий вміст гумусу – 1,8 % характерний для ґрунту з берега р. Лемиць та становив.

Вміст гумусу в мулі р. Дністер та р. Лемиць становив 3,63 та 3,29 % відповідно.

Отримані дані аналізу свідчать про значні просторові відмінності у вмісті елементів живлення та органічної речовини, що зумовлено як природними факторами (походженням мулу, віддаленістю від водного об'єкта), так і антропогенним навантаженням.

Таблиця 1

Характеристика ґрунтів та мулу за основними агрохімічними показниками залежно від місця розташування

Локація	Реакція ґрунтового середовища, рН водної витяжки	N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , мг/кг	Вміст мінерального азоту, мг/кг	Вміст гумусу, %
р. Дністер, (річковий мул)	7,9±0,2	9,84	67,0	76,8	3,63
р. Лемиць, (річковий мул)	7,9±0,2	6,80	38,7	45,5	3,29
р. Лемиць (ґрунт на березі річки)	8,2±0,2	6,29	18,5	24,8	1,84
с. Стрільче (ґрунт 150 м від р. Лемиць)	8,3±0,2	8,94	6,7	15,6	1,99
Автодорога Р24, (ґрунт 1 м від дороги)	7,9±0,2	18,33	17,8	36,1	7,00

Також відібрані зразки було досліджено на вміст ПАВ. У значних кількостях виявлено наявність флуорантену та пірену (2,255 і 2,417 мг/кг відповідно) в об'єднаних пробах мулів, відібраних до очисних споруд у р. Лемиць; ці ж компоненти виявлено в об'єднаних пробах мулів р. Дереновець – 2,040 і 2,087 мг/кг відповідно.

В об'єднаних пробах поверхневого ґрунту та річкового осаду, відібраних на територіях, позначених на карті, сума концентрації ПАВ була найнижчою в лісовому ґрунті (103 мкг/кг) (рис. 2).

У пробі річкового осаду р. Дністер сумарна концентрація 15 ПАВ становила 449 мкг/кг. У пробах річкового осаду річок Лемиць і Дереновець, у напрямку від населених пунктів с. Стрільче і с. Серафінці до Дністра, виявлена загальна концентрація ПАВ була значно вищою, ніж у р. Дністер. Вона знижувалася в цьому напрямку з максимальної 11471 мкг/кг (проби відібрано до очисних споруд) до 2005 мкг/кг.

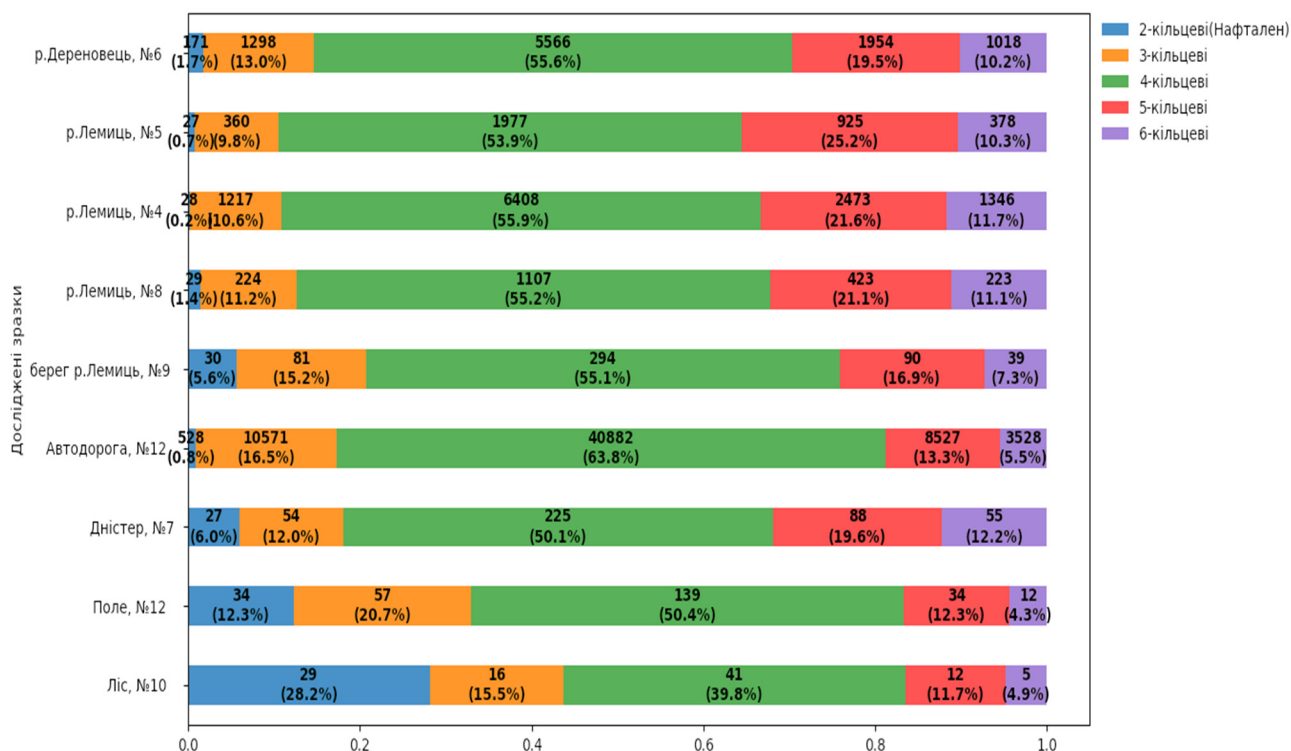


Рис. 3. Співвідношення різного типу ПАВ (залежно від кількості кілець у молекулі) у досліджених зразках ґрунту та річкового осаду (значення вказано на карті у мкг/кг та відсотках від загальної концентрації 15 ПАВ)

Дискусія і висновки

Найвищі показники забруднення ПАВ спостерігали локально у місцях їх накопичення, на обочині доріг з активним рухом транспорту, а також у донних відкладах малих річок, що протікають близько до населених пунктів. Більший вміст у ґрунті органічної речовини, понижена форма рельєфу сприяла фіксації та накопиченню ПАВ. Фонове забруднення ґрунтів на територіях, розташованих на відстані 300 м від джерел забруднень (автодоріг) 15 ПАВ та лісовому ґрунті, відповідає гігієнічним нормам.

Висока концентрація ПАВ в окремих пробах річкового осаду р. Леміць (до і після очисних споруд у різних локаціях – 2005–11471 мкг/кг) та р. Дереновець (10006 мкг/кг), якщо порівнювати з р. Дністер (449 мкг/кг), може бути зумовлена близькістю річок до автодоріг і населених пунктів. Іншою причиною є активне накопичення ПАВ через повільну біодеградацію зазначених сполук у річковому осаді цих річок.

На перспективу доцільно провести дослідження території цієї місцевості на визначення інших потенційно небезпечних екологічних токсикантів, таких як важкі метали та поліхлоровані біфеніли.

Внесок авторів: Олексій Березовський – методологія, валідація даних, аналіз; Світлана Мідик – обробка даних, методологія, написання (оригінальна чернетка); Валентина Корнієнко – методологія, валідація даних, аналіз; Оксана Самкова – концептуалізація, методологія; Оксана Тонха – концептуалізація, методологія; Юрій Вішован – аналіз і обробка даних, програмне забезпечення, формальний аналіз; Лариса Семенко – аналіз і обробка даних, програмне забезпечення, формальний аналіз; Максим Смирний – аналіз і обробка даних, написання (перегляд і редагування).

Джерела фінансування. Це дослідження не отримало жодного гранту від фінансової установи в державному, комерційному або некомерційному секторах.

Список використаних джерел

- Адаменко, О. М., Зорін, Д. О., & Мосюк, М. І. (2020). Стан довкілля території Дністровського регіонального ландшафтного парку. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*, 53, 227–238.
- Березовський, О. В., Мідик, С. В., Корнієнко, В. І., Хижняк, С. В., Таран, Т. В., & Полтавченко, Т. В. (2025). Хроматографічні методи визначення поліциклічних ароматичних вуглеводнів у компонентах екосистем. *Таєрійський науковий вісник*, 142(1), 282–290. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.35>
- Войцицький, В. М., Хижняк, С. В., Мідик, С. В., Березовський, О. В., Якубчак, О. М., & Полтавченко, Т. В. (2022). Шляхи міграції поліциклічних ароматичних вуглеводнів наземними і водними екосистемами. *Екологічні науки*, 3(42), 14–20.
- Дегодюк, С., Бутенко, А., Давидюк, Г., Гаврилюк, О., Клименко, І., Літвінов, Д., Літвінова, О., & Тонха, О. (2024). Агроекологічний моніторинг водних екосистем та ґрунтів у басейні малої річки під впливом антропогенних факторів. *Сільське та лісове господарство*, 70(4), 109–135. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.4.09>
- Денисик, Г. І. (1996). Край каньйонів – Середнє Придністров'я. *Український географічний журнал*, 3, 60–63.
- Кабінет Міністрів України. (2025). *Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин*. Постанова № 1325 від 15.12.2025. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>
- Choi, H., Harrison, R., Komulainen, H., & Delgado, S. J. M. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons. In *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. World Health Organization.
- Ciarkowska, K., de Carvalho, M., & Gambus, F. (2022). Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Sources and Vertical Distribution in Soils of the Age-Diverse Brownfields of Southern Poland Using Positive Matrix Factorisation and Data Mining Model. *Sustainability*, 14(21), 13796. <https://doi.org/10.3390/su142113796>
- Clement, N., Muresan, B., Hedde, M., & Francois, D. (2015). PAH dynamics in roadside environments: Influence on the consistency of diagnostic ratio values and ecosystem contamination assessments. *Science of the Total Environment*, 538, 997–1009.
- Da Silva Junior, F. C., Felipe, M. B. M. C., Castro, D. E. F., Araújo, S. C. D. S., Sisenando, H. C. N., & Batistuzzo de Medeiros, S. R. (2021). A look beyond the priority: a systematic review of the genotoxic, mutagenic, and carcinogenic endpoints of non-priority PAHs. *Environmental Pollution*, 278, 116838. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116838>
- Dierkes, C., & Geiger, W. F. (1999). Pollution Retention Capabilities of Roadside Soils. *Water Science and Technology*, 39(2), 201–208.
- Froger, C., Saby, N. P. A., Jolivet, C. C., Boulonne, L., Caria, G., Freulon, X., de Fouquet, C., Roussel, H., Marot, F., & Bispo, A. (2021). Spatial variations,

origins, and risk assessments of polycyclic aromatic hydrocarbons in French soils. *Soil*, 7, 161–178. <https://doi.org/10.5194/soil-7-161-2021>

Kim, L., Jeon, H.-J., Kim, Y.-C., Yang, S.-H., Choi, H., Kim, T.-O., & Lee, S.-E. (2019). Monitoring Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Concentrations and Distributions in Rice Paddy Soils from Gyeonggi-Do, Ulsan, and Pohang. *Applied Biological Chemistry*, 62, 18.

Mallah, M. A., Changxing, L., Mallah, M. A., Noreen, S., Liu, Y., & Saeed, M. (2022). Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and Its Effects on Human Health: An Overview. *Chemosphere*, 296, Article 133948. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.133948>

Menshov, A. I., Kruglov, A. V., & Sukhorada, A. V. (2012). Informational content of the soil magnetism indicators for solving agrogeophysics and soil science tasks. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 3, 7–12.

Menshov, O., Kruglov, O., Vyzhva, S., Horoshkova, L., Pereira, P., Pastushenko, T., & Dindaroglu, T. (2021). Landscape position effects on magnetic properties of soils in the agricultural land Pechenig, Ukraine. *Earth Systems and Environment*, 5(3), 739–750.

Menshov, O., Sukhorada, A., Homenko, R., & Kruglov, O. (2012). Ultradetailed environmental magnetic investigations in Ukraine. In *Near Surface Geoscience 2012–18th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics* (pp. cp-306). European Association of Geoscientists & Engineers.

Sun, K., Song, Y., He, F., Jing, M., Tang, J., & Liu, R. (2021). A review of human and animals exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: Health risk and adverse effects, photo-induced toxicity and regulating effect of microplastics. *Science of the Total Environment*, 773, 145403. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145403>

U.S. Environmental Protection Agency. (1979). Priority pollutant list. *Federal Register*, 44, 69514–69517.

United States Geological Survey. (2011). *Coal-Tar Based Pavement Sealcoat, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), and Environmental Health* (Fact Sheet 2011-3010). <https://pubs.usgs.gov/fs/2011/3010/pdf/fs2011-3010.pdf>

Veremeenko, S., Furmanets, O., Semenko, L., Bykina, N., & Bobkov, V. (2021). Influence of climate changes on hydrothermal regime of dark gray podzolized soil of Western Forest Steppe. *Scientific Horizons*, 24(12), 46–54. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(12\).2021.46-54](https://doi.org/10.48077/scihor.24(12).2021.46-54)

Wang, J., Zhao, Y., Sun, J., Zhang, Y., & Liu, C. (2019). The distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in shallow ground water from an alluvial-diluvial fan of the Hutuo River in North China. *Frontiers of Earth Science*, 13, 33–42.

Watts, A. W., Ballester, T. P., Roseen, R. M., & Houle, J. P. (2010). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Stormwater Runoff from Sealcoated Pavements. *Environmental Science & Technology*, 44(23), 8849–8854.

Zhang, Y., & Zhang, F. (2023). Skin toxicity mechanism of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Chinese Journal of Industrial Medicine*, 36(3), 231–234. <https://doi.org/10.13631/j.cnki.zggyyx.2023.03.010>

Zhao, Z. Y., Chu, Y. L., & Gu, J. D. (2012). Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of the Mai Po Inner Deep Bay Ramsar Site in Hong Kong. *Ecotoxicology*, 21(6), 1743–1752.

References

Adamenko, O. M., Zorin, D. O., & Mosyuk, M. I. (2020). Environmental condition of the territory of the Dniester Regional Landscape Park. *Bulletin of the V.N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, 53, 227–238 [in Ukrainian].

Berezovsky, O. V., Mityk, S. V., Kornienko, V. I., Khyzhnyak, S. V., Taran, T. V., & Poltavchenko, T. V. (2025). Chromatographic methods for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in ecosystem components. *Tavria Scientific Bulletin*, 142(1), 282–290 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.35>

Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025). *On approval of the standards for maximum permissible concentrations of hazardous substances in soils, as well as the list of such substances*. Resolution No. 1325 of 15.12.2025 [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>

Choi, H., Harrison, R., Komulainen, H., & Delgado, S. J. M. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons. In *WHO guidelines for indoor air quality: Selected pollutants*. World Health Organization.

Ciarkowska, K., de Carvalho, M., & Gambus, F. (2022). Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Sources and Vertical Distribution in Soils of the Age-Diverse Brownfields of Southern Poland Using Positive Matrix Factorisation and Data Mining Model. *Sustainability*, 14(21), 13796. <https://doi.org/10.3390/su142113796>

Clement, N., Muresan, B., Hedde, M., & Francois, D. (2015). PAH dynamics in roadside environments: Influence on the consistency of

diagnostic ratio values and ecosystem contamination assessments. *Science of the Total Environment*, 538, 997–1009.

Da Silva Junior, F. C., Felipe, M. B. M. C., Castro, D. E. F., Araújo, S. C. D. S., Sisenando, H. C. N., & Batistuzzo de Medeiros, S. R. (2021). A look beyond the priority: a systematic review of the genotoxic, mutagenic, and carcinogenic endpoints of non-priority PAHs. *Environmental Pollution*, 278, 116838. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116838>

Degodyuk, S., Butenko, A., Davydyuk, G., Gavrilyuk, O., Klymenko, I., Litvinov, D., Litvinova, O., & Tonkha, O. (2024). Agroecological monitoring of aquatic ecosystems and soils in the small river basin under the influence of anthropogenic factors. *Agriculture and Forestry*, 70(4), 109–135 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.17707/AgriculfForest.70.4.09>

Denisyk, G. I. (1996). The Land of Canyons – Middle Transnistria. *Ukrainian Geographical Journal*, 3, 60–63 [in Ukrainian].

Dierkes, C., & Geiger, W. F. (1999). Pollution Retention Capabilities of Roadside Soils. *Water Science and Technology*, 39(2), 201–208.

Froger, C., Saby, N. P. A., Jolivet, C. C., Boulonne, L., Caria, G., Freulon, X., de Fouquet, C., Roussel, H., Marot, F., & Bispo, A. (2021). Spatial variations, origins, and risk assessments of polycyclic aromatic hydrocarbons in French soils. *Soil*, 7, 161–178. <https://doi.org/10.5194/soil-7-161-2021>

Kim, L., Jeon, H.-J., Kim, Y.-C., Yang, S.-H., Choi, H., Kim, T.-O., & Lee, S.-E. (2019). Monitoring Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Concentrations and Distributions in Rice Paddy Soils from Gyeonggi-Do, Ulsan, and Pohang. *Applied Biological Chemistry*, 62, 18.

Mallah, M. A., Changxing, L., Mallah, M. A., Noreen, S., Liu, Y., & Saeed, M. (2022). Polycyclic aromatic hydrocarbon and its effects on human health: An overview. *Chemosphere*, 296, Article 133948. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.133948>

Menshov, A. I., Kruglov, A. V., & Sukhorada, A. V. (2012). Informational content of the soil magnetism indicators for solving agrogeophysics and soil science tasks. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 3, 7–12.

Menshov, O., Kruglov, O., Vyzhva, S., Horoshkova, L., Pereira, P., Pastushenko, T., & Dindaroglu, T. (2021). Landscape position effects on magnetic properties of soils in the agricultural land Pechenig, Ukraine. *Earth Systems and Environment*, 5(3), 739–750.

Menshov, O., Sukhorada, A., Homenko, R., & Kruglov, O. (2012). Ultradetailed environmental magnetic investigations in Ukraine. In *Near Surface Geoscience 2012–18th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics* (pp. cp-306). European Association of Geoscientists & Engineers.

Sun, K., Song, Y., He, F., Jing, M., Tang, J., & Liu, R. (2021). A review of human and animals exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: Health risk and adverse effects, photo-induced toxicity and regulating effect of microplastics. *Science of the Total Environment*, 773, 145403. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145403>

U.S. Environmental Protection Agency. (1979). Priority pollutant list. *Federal Register*, 44, 69514–69517.

United States Geological Survey. (2011). *Coal-Tar Based Pavement Sealcoat, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), and Environmental Health* (Fact Sheet 2011-3010). <https://pubs.usgs.gov/fs/2011/3010/pdf/fs2011-3010.pdf>

Veremeenko, S., Furmanets, O., Semenko, L., Bykina, N., & Bobkov, V. (2021). Influence of climate changes on hydrothermal regime of dark gray podzolized soil of Western Forest Steppe. *Scientific Horizons*, 24(12), 46–54. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(12\).2021.46-54](https://doi.org/10.48077/scihor.24(12).2021.46-54)

Voytsitsky, V. M., Khizhnyak, S. V., Mityk, S. V., Berezovsky, O. V., Yakubchak, O. M., & Poltavchenko, T. V. (2022). Paths of migration of polycyclic aromatic hydrocarbons through terrestrial and aquatic ecosystems. *Ecological sciences*, 3(42), 14–20.

Wang, J., Zhao, Y., Sun, J., Zhang, Y., & Liu, C. (2019). The distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in shallow ground water from an alluvial-diluvial fan of the Hutuo River in North China. *Frontiers of Earth Science*, 13, 33–42.

Watts, A. W., Ballester, T. P., Roseen, R. M., & Houle, J. P. (2010). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Stormwater Runoff from Sealcoated Pavements. *Environmental Science & Technology*, 44(23), 8849–8854.

Zhang, Y., & Zhang, F. (2023). Skin toxicity mechanism of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Chinese Journal of Industrial Medicine*, 36(3), 231–234. <https://doi.org/10.13631/j.cnki.zggyyx.2023.03.010>

Zhao, Z. Y., Chu, Y. L., & Gu, J. D. (2012). Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of the Mai Po Inner Deep Bay Ramsar Site in Hong Kong. *Ecotoxicology*, 21(6), 1743–1752.

Отримано редакцією журналу / Received: 25.09.25
Прорецензовано / Revised: 06.10.25
Схвалено до друку / Accepted: 16.12.25

Oleksii BEREZOVSKIY¹, PhD (Agricultural)
ORCID ID: 0000-0002-0909-1119
e-mail: ol11111bz@gmail.com

Svitlana MIDYK¹, PhD (Veterinary)
ORCID ID: 0000-0002-2682-2884
e-mail: svit.mid@gmail.com

Valentina KORNIYENKO^{1,2}, DSc (Biol.), Prof.
ORCID ID: 0000-0003-0403-7727
e-mail: kornienko-valentina1966@ukr.net

Oksana SAMKOVA²
ORCID ID: 0000-0002-2132-3357
e-mail: samkova_op@ukr.net

Oksana TONKHA¹, DSc (Agricultural), Prof.
ORCID ID: 0000-0002-0677-5494
e-mail: tonkha.o@nubip.edu.ua

Yurii VISHOVAN¹, PhD
ORCID ID: 0000-0003-1128-593X
e-mail: anatomi1991@gmail.com

Larysa SEMENKO¹, PhD (Agricultural)
ORCID ID: 0000-0002-4586-3681
e-mail: Larisa-s@ukr.net

Maksym SMYRNYIY³, PhD Student
ORCID ID: 0009-0000-1274-6596
e-mail: maksim.smirnyy@gmail.com

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products, Kyiv, Ukraine

³M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ASSESSMENT OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON POLLUTION IN THE SLUDGE AND SOIL OF THE DNISTROVA CANYON WITHIN THE BOUNDARIES OF THE HORODENKIV TERRITORIAL COMMUNITY

B a c k g r o u n d . An assessment of the state of pollution by ecotoxicants of soils and river sediments in the territory of the Horodenkiv territorial community, adjacent to the Dniester Regional Landscape Park (RLP) and located on the right bank of the Dniester River, was carried out.

M e t h o d s . High-performance liquid chromatography (HPLC) was used to analyze samples of silt and soil for the content of 15 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): naphthalene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benz(a)anthracene, chrysene, benz(b)fluoranthene, benz(k)fluoranthene, benz(a)pyrene, dibenz(a,h)anthracene, benz(g,h,i)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyrene. Sampling was carried out in locations in Kolomyia district, Ivano-Frankivsk region, which are remote from pollution sources (background content of pollutants) and directly near pollution sources (highways, wastewater).

R e s u l t s . Among all the selected samples of surface soil and river sediment, the sum of the concentration of 15 PAHs was the lowest in forest soil (103 µg/kg). In the sample of river sediment of the Dniester River, the total concentration was 449 µg/kg. In the samples of river sediment of the Lemyts and Derenovets rivers, in the direction from the settlements of the village of Strilche and the village of Serafyntsi to the Dniester, the total concentration of PAHs was significantly higher than in the Dniester River. It decreased in this direction from the maximum of 11471 µg/kg (samples taken to treatment facilities) to 2005 µg/kg. On the banks of the Lemyts River it was 583 µg/kg in the soil.

C o n c l u s i o n s . The high concentration of PAHs in individual samples of river sediment of the Lemyts River and the Derenovets River may be due to their proximity to roads and settlements, their active accumulation due to the slow biodegradation of these compounds in the river sediment. The highest concentration of the total PAHs (64.034 mg/kg) was found in the soil on the side of the regional road P24. In soil samples taken at a distance of 300 m from this road, a small content of all 15 PAHs (275 µg/kg) with a benzo(a)pyrene concentration of 9.29 µg/kg was found, which are lower values than the maximum permissible concentration (20 µg/kg). The dominance of 4–5-ring surfactants (fluoranthene, pyrene, chrysene, benz(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene) indicates the long-term impact of pollution sources and the accumulation of these substances in the soil.

K e y w o r d s : Dniester Canyon, soils, polyaromatic hydrocarbons, technogenic pollution, military actions.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.