



*В. П. Копилов, В. В. Попович*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8686-0543> – В. В. Копилов

<https://orcid.org/0000-0003-2857-0147> – В. В. Попович



[kvp279555@gmail.com](mailto:kvp279555@gmail.com)

## ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ ТА ЕДАФОТОПАХ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ РІКИ СТИР

**Постановка проблеми.** Забруднення довкілля важкими металами для науковців становить значну цікавість, оскільки цей процес невинно зростає з плином часу. В Україні проводяться значні дослідження вмісту небезпечних речовин у водах річок, озер, природних водоймищ. Надзвичайно актуальними ці дослідження є під час військового стану. Аналіз досліджень показує, що поверхневі водойми – ріки, озера, заплави підпадають під антропогенний чинник. В епоху тотального використання пластику в господарюванні та усіх сферах життя в ріках виявлено також його присутність навіть на мікрорівні. Така ж ситуація і з важкими металами, які потрапляють у водойми, здебільшого із вини людини.

**Метою роботи** є аналіз вмісту важких металів у воді та прибережних едафотопів ріки Стир в межах міста Луцьк.

**Методи досліджень.** В роботі застосовано статистичні методи за отриманими даними вмісту важких металів у воді та едафотопів.

**Результати досліджень.** Проби відібрано з восьми ділянок, 6 з яких – безпосередньо ріка Стир, 7-а ділянка – Гнідавське болото, 8-а ділянка – Теремнівські ставки.

Здійснивши аналіз вмісту таких важких металів, як Cu, Cd, Zn у воді р. Стир та гідрологічно зв'язаних із нею водах Гнідавського болота та Теремнівських ставків, встановлено, що перевищення ГДК наявне лише в 2-х ділянках. Вміст міді перевищує ГДК (0,005 мг/дм<sup>3</sup>) у воді ділянок Гнідавського болота (0,012 мг/дм<sup>3</sup>) та Теремнівських ставків (0,007 мг/дм<sup>3</sup>). Вміст цинку перевищує ГДК (0,001 мг/дм<sup>3</sup>) у воді на ділянці с. Липняни (0,015 мг/дм<sup>3</sup>) та Гнідавського болота (0,019 мг/дм<sup>3</sup>). Щодо едафотопів – кадмій перевищує ГДК (1,5 мг/кг) на ділянках Гнідавського болота (3,1 мг/кг) та Теремнівських ставків (3,43 мг/кг). Вміст міді перевищує ГДК (3 мг/кг) на ділянках Гнідавського болота (4,64 мг/кг) та Теремнівських ставків (7,42 мг/кг).

**Висновки.** Найбільш забрудненими виявилися Гнідавське болото та Теремнівські ставки. Вміст кадмію не перевищує ГДК у жодній пробі води, вміст міді перевищує ГДК у воді ділянок Гнідавського болота та Теремнівських ставків, вміст цинку перевищує ГДК для води ділянок с. Липняни та Гнідавського болота; вміст кадмію перевищує ГДК у едафотопів ділянок Гнідавського болота та Теремнівських ставків. Вміст міді перевищує ГДК також у едафотопів на ділянках Гнідавського болота та Теремнівських ставків.

**Ключові слова:** екологічна безпека, важкі метали, вода, едафотоп, берегова зона, забруднення довкілля

*V. P. Kopylov, V. V. Popovych*

*Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

## CONTENT OF HEAVY METALS IN WATER AND EDAFOTOPAH OF THE RIVER STYR COASTAL ZONE

**Formulation of the problem.** Pollution of the environment by heavy metals is of great interest to scientists, as this process is constantly increasing with time. Significant studies of the content of hazardous substances in the waters of rivers, lakes, and natural reservoirs are being conducted in Ukraine. These studies are extremely relevant during martial law. Research analysis shows that surface water bodies – rivers, lakes, and floodplains are subject to anthropogenic factors. In the era of total use of plastic in farming and all spheres of life, its presence in rivers even at the micro level. The situation is the same with heavy metals that enter water bodies, mostly due to human fault.

The purpose of the work is to analyse the content of heavy metals in the water and coastal edaphotopes of the Styr River within the city of Lutsk.

**Research methods.** The work uses methods of analysis and statistical methods of research based on the obtained data on the content of heavy metals in water and edaphotops.

**Research results.** To analyse the content of heavy metals in the water of the Styr River and the edaphotops of the coastal zone, we took samples in 8 areas, 6 of which are directly in the Styr River, the 7th site is the Hnidav marsh, and the 8th site is the Teremniv lake.

After analysing the content of such heavy metals as Cu, Cd, and Zn in the water of the Styr River and the hydrologically connected waters of the Hnidava bog and Teremniv ponds, it was established that the maximum permissible limit is exceeded only in 2 studied areas. Copper exceeds the MPC (0.005 mg/dm<sup>3</sup>) for the water of the Hnidava bog (0.012 mg/dm<sup>3</sup>) and Teremniv ponds (0.007 mg/dm<sup>3</sup>). Zinc exceeds the maximum permissible limit (0.001 mg/dm<sup>3</sup>) for water in areas of the village. Lypnyany (0.015 mg/dm<sup>3</sup>) and Hnidava bog (0.019 mg/dm<sup>3</sup>). As for edaphotops, the MPC of cadmium (1.5 mg/kg) is exceeded for the areas of Hnidava swamp (3.1 mg/kg) and Teremniv ponds (3.43 mg/kg). The MPC of copper (3 mg/kg) is exceeded for the areas of Hnidava bog (4.64 mg/kg) and Teremniv ponds (7.42 mg/kg).

**Conclusions.** The most polluted studied areas were the Hnidava Swamp and the Teremniv Pond. The MPC of cadmium is not exceeded in any water sample, copper exceeds the MPC for water in the Hnidava swamp and Teremniv ponds, zinc exceeds the MPC for water in the village Lypnyany and Hnidava bog; MPCs for cadmium are exceeded in the edaphotops of the Hnidava bog and Teremniv ponds. The MPC for copper is also exceeded in the edaphotographs for the Hnidava bog and Teremniv ponds.

**Keywords:** environmental safety, heavy metals, water, edaphotope, coastal zone, environmental pollution.

**Постановка проблеми.** Забруднення довкілля важкими металами для науковців становить значну цікавість, оскільки цей процес неспинно зростає з плином часу. В Україні проводяться значні дослідження вмісту небезпечних речовин у водах річок, озер, природних водоймищ. Надзвичайно актуальними ці дослідження є під час військового стану, адже потреба в питній воді зростає з кожним роком. У науковій праці [1] автори дослідили, що, потрапляючи в поверхневі водотоки, забрудники підпорядковуються природним міграційним процесам, головним чином механічній і фізико-хімічній міграції. Аномалії переважно формуються на відрізках до 200 м нижче за течією від джерел забруднення. Спостерігається накопичення хімічних елементів на сорбційних і механічних геохімічних бар'єрах у місцях уповільнення течії [1].

Автори в роботі [2] декларують, що через перевищення концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах, які скидаються в р. Стир, показники забруднення перевищують ГДК (рибогосподарське) у річковій воді. У 2022 р. для концентрації азоту амонійного таке перевищення становило 37,8 раза, нітритів – у 9,9 раза, фосфатів – у 44 рази, заліза загального – у 5,69 раза, марганцю – у 2,5 раза, хрому (VI) – у 6 разів, БСК – у 10,8 раза, завислих речовин – на 67%. Найбільше перевищується концентрація азоту амонійного, фосфатів і БСК, дещо менше – нітритів та важких металів (заліза, хрому, марганцю).

Науковці [3] проаналізували відповідність санітарно-гігієнічним вимогам гідрохімічних показників води р. Колодниця – правої притоки Дністра, та встановили можливі закономірності їх зміни, основні чинники антропогенного впливу на малу річку та можливість лабораторного дослідження і моделювання таких річок. Встановлено, що в р. Колодниця досить активно

протікають процеси самоочищення, що зумовлене гідрологічними особливостями річки та наявністю гідродинамічно активних ділянок у передгірній частині басейну. На сьогодні стійкого перевищення ГДК щодо забруднюючих речовин немає [3].

У басейні р. Дунай було відібрано проби [4] з прибережних (заплавних) осадів, річкових донних осадів і завислих опадів в 10 місцях з метою аналізу концентрації та розподілу восьми металів (Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Ni, Cr і As) та органічних компонентів (антрацен, флуорантен, бензо(е)пірен) як небезпечних речовини (НС). Оцінку якості донних відкладень проводили відповідно до Директиви 2013/39/ЄС та стандартів Рамкової водної директиви ЄС. Більшість проаналізованих концентрацій ГВ у річкових донних відкладеннях і прибережних (заплавних) відкладеннях перебувають у межах стандартів якості навколишнього середовища (EQS). As, Cu, Pb і Zn мають тенденцію до перевищення норм EQS у деяких місцях. Найбільші перевищення зафіксовано для Pb, для якого виявлено вміст до 987 мг/кг. Найвищий вміст було виявлено у відібраних пробах з прибережних відкладень, а найнижчий – у річкових донних відкладах, що може свідчити про історичне забруднення. Вміст ртуті в пробах берегових відкладень перевищує всі нормативи, а вміст кадмію нижчий за міжнародні стандарти. Концентрації антрацену, флуорантену та бенз(е)пірену в надбережних та донних відкладеннях відповідають міжнародним нормам [4].

За даними [5] середній фоновий вміст міді в донних відкладеннях річок України становить 28 мг/кг, а в поверхневих водах – 0,106 мг/дм<sup>3</sup>. Як і цинку, мінімальний фоновий вміст міді в 1 м<sup>3</sup> відкладень визначено в басейні Дніпра (суббасейн Верхнього Дніпра) – 10 мг/кг, а максимальна – в басейні Дунаю (суббасейни Тиси та Пруту) – 50 мг/кг. Максимальне значення фону відрізняється від мінімального у 5 разів. Стосовно поверхневих вод, мінімальний фоновий вміст міді (0,01 мг/дм<sup>3</sup>)

спостерігається також у воді басейну Дніпра (суббасейн Верхнього Дніпра) та Дунаю (басейн Тиси), а максимальний – 0,52 і 0,59 мг/дм<sup>3</sup> – відповідно у воді басейнів річок Приазов'я та суббасейну нижнього Дунаю. Для поверхневих вод діапазон зміни фонового вмісту може сягати у 59 разів [5].

У науковій праці [6] наведено результати досліджень про те, що якість води у малих річках Рівненщини за вмістом важких металів (Zn, Cu, Mn, Fe, Ni, Co) не відповідає допустимим рівням, за винятком Pb та Cd, концентрація яких не перевищує ГДК для рибогосподарських водойм. Підвищений вміст Mn і Fe у воді річок може бути зумовлений вимиванням цих елементів із ферум-манганієвих конкрецій ґрунту та з лісової підстилки. Найбільш несприятлива ситуація спостерігається у поверхневих водах усіх досліджених територій щодо вмісту Ni [6].

За кордоном комплексним дослідженням вмісту важких металів приділяється значна увага. Особливо це стосується посушливих районів, районів із розвинутою важкою промисловістю та наявністю значних забрудників як води, так і довкілля в цілому. Зокрема, у [7] досліджувалися накопичення, ризик, розподіл і джерела важких металів у 62 озерах уздовж річки Янцзи, а також аналізувався зв'язок між річкою та озером, економічною структурою, чисельністю населення та дифузією металів. Середні концентрації Cr, Cu, Hg, Zn, Cd, Pb та As у поверхневих відкладах цих озер становили відповідно 90,8, 60,1, 0,06, 102, 0,89, 42,7 та 6,01 мг/кг. Більшість (99%) озерних відкладень були забруднені Cd, а озера в середній течії та на південному березі річки Янцзи мали вищий екологічний ризик. Cr походить із природного середовища, тоді як Zn, Cu, Pb, Cd і As постраждали від діяльності людини. Озера, від'єднані від річки Янцзи, мали вищі концентрації Cu, Zn, Pb і As, тоді як озера, з'єднані з річкою, мали вищі концентрації Cd і Cr. Цей комплексний аналіз визначив характеристики забруднення важкими металами, проілюстрував причини неточкового забруднення на рівнині річки Янцзи та показав, що ерозія ґрунту та води є важливою для дифузії металів.

Аналіз води річок, які протікають через Гімалаї, показав, що Cr, Co, Ni і Zn були в основному з материнської породи, а Cu, Cd і Pb були отримані як з природних, так і з антропогенних джерел. Незважаючи на контрастні умови навколишнього середовища та діяльність людини у верхній і нижній течії річки, концентрації важких металів у відкладеннях КР показали узгодженість з природним фоном і незначним забрудненням [8].

Концентрація мікропластику в ріках Японії значною мірою корелює з урбанізацією та щільністю населення, що вказує на те, що концентрація мікропластику в річці залежить від діяльності людини в річковому басейні [9]. Крім того, ми виявили значний зв'язок між чисельними і масовими концентраціями та БПК, який є екологічним індикатором забруднення річки. Цей результат демонструє, що забруднення мікропластиком у річковому середовищі прогресувало більше в забруднених річках із поганою якістю води, ніж у річках із хорошою якістю води, що дає підстави зробити висновок, що джерела та процеси надходження мікропластику в річкове середовище подібні до інших забруднювачів [9].

**Метою роботи** є аналіз вмісту важких металів у воді та прибережних едафотобах ріки Стир в межах міста Луцьк.

**Методи досліджень.** В роботі застосовано статистичні методи за отриманими даними вмісту важких металів у воді та едафотобах. Вміст важких металів у воді на різних ділянках порівнювали із ГДК [12], у едафотобах порівнювали із нормами [13]. Відібрані проби передавали для аналітичної обробки у Лабораторію промислової токсикології Львівського національного медичного університету ім. Д. Галицького, за результатами якої складені відповідні протоколи.

**Результати досліджень.** Річка Стир займає важливе місце в водному режимі Рівненської атомної електростанції (Хрінницьке водосховище), а також є приймачем стічних вод від трьох цукрових заводів [10]. Довжина ріки – 494 км. Стир бере початок з численних джерел, які виходять на поверхню в сильно заболоченій балці Львівської області, на висоті 257 м над рівнем моря [11]. Річкова мережа є індикатором екологічного стану, відтворюючи характерні ознаки вологообігу, річкового стоку та його складу. Гідрографічну сітку Луцька безпосередньо формує річка Стир, яка слугує певною віссю міста. До головної річки Стир, впадає р. Сапалаївка, р. Омеляник та р. Жидувка, а на південних околицях Стиру – р. Черногузка.

Для аналізу вмісту важких металів у воді р. Стир та едафотобах прибережної зони ми відібрали проби з восьми ділянок, 6 з яких – безпосередньо ріка Стир, 7-а ділянка – Гнідавське болото, 8-а ділянка – Теремнівські ставки. Проби №1-6 відбиралися 25 червня 2023 року, проби №7-8 відбиралися 26 червня 2023 року. Екологічну характеристику ділянок наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

## Екологічна характеристика ділянок

№ проби	Досліджувана ділянка	Час	Освітленість, лк	Т повітря, °С
1.	с. Боратин (50.7089822 25.3747323)	12:30	42000	25,5
2.	с. Рованці (50.7366998 25.3581113)	12:55	38500	23,7
3.	Парк культури і відпочинку, Центральний міський пляж (50.7380890, 25.3336791)	13:15	52500	23,2
4.	Будинок М. Голованя (вул. Лютеранська, 9)	13:40	60800	24,2
5.	вул. Героїв УПА, с. Липляни (50.7719745, 25.3189323)	14:10	20400	24,4
6.	с. Маяки, с. Княгининок (50.8069892 25.2842275)	14:35	8700	28,0
7.	м. Луцьк, вул. Гнідавська (50.729680, 25.310865)	13:00	21000	24,3
8.	м. Луцьк, вул. Мисливська (50.756437, 25.392037)	13:45	22100	24,6

За результатами аналізу вмісту таких важких металів, як Cu, Cd, Zn у воді р. Стир і гідрологічно зв'язаних із нею водах Гнідавського болота та Теремнівських ставків встановлено, що перевищення ГДК наявне лише у 2-х досліджуваних ділянках. Зокрема, вміст кадмію не перевищує ГДК у жодній пробі води. Вміст

міді перевищує ГДК (0,005 мг/дм<sup>3</sup>) у водах ділянок Гнідавського болота (0,012 мг/дм<sup>3</sup>) та Теремнівських ставків (0,007 мг/кг). Вміст цинку перевищує ГДК (0,001 мг/дм<sup>3</sup>) у водах ділянок с. Липляни (0,015 мг/дм<sup>3</sup>) та Гнідавського болота (0,019 мг/дм<sup>3</sup>). Загальний вміст Cu, Cd, Zn у воді наведено на рис. 1.

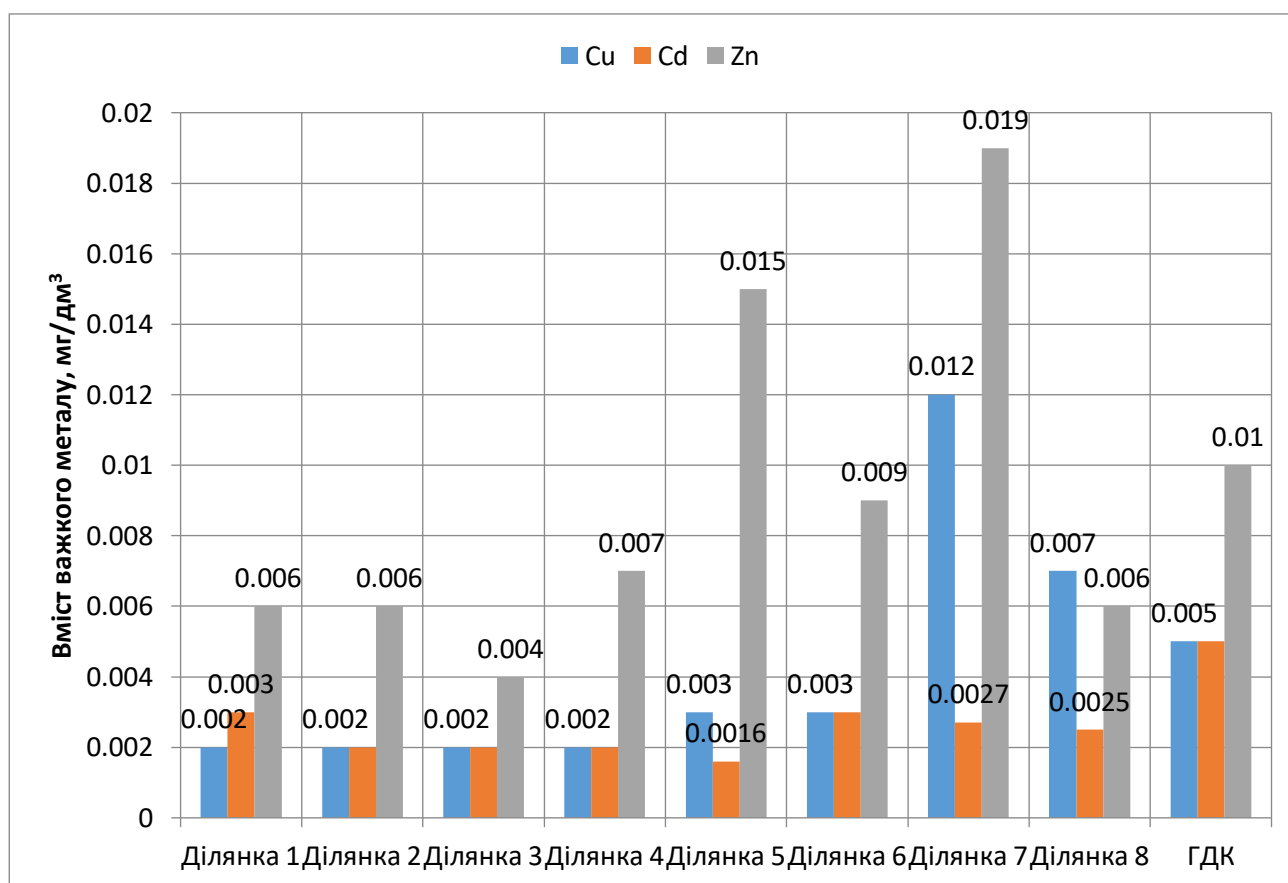


Рисунок 1 – Вміст важких металів у воді ріки Стир

За результатами аналізу вмісту важких металів Cu, Cd, Zn у едафотобах берегової зони р.

Стир та гідрологічно зв'язаних із нею водах Гнідавського болота та Теремнівських ставків

встановлено, що перевищення ГДК наявне також у 2-х ділянках. Зокрема, вміст кадмію перевищує ГДК (1,5 мг/кг) на ділянках Гнідавського болота (3,1 мг/кг) та Теремнівських ставків (3,43 мг/кг). Вміст міді перевищує ГДК (3 мг/кг)

на ділянках в межах Гнідавського болота (4,64 мг/кг) та Теремнівських ставків (7,42 мг/кг). Перевищення ГДК щодо цинку не виявлено. Загальний вміст Cu, Cd, Zn у прибережних едафотобах наведено на рис. 2.

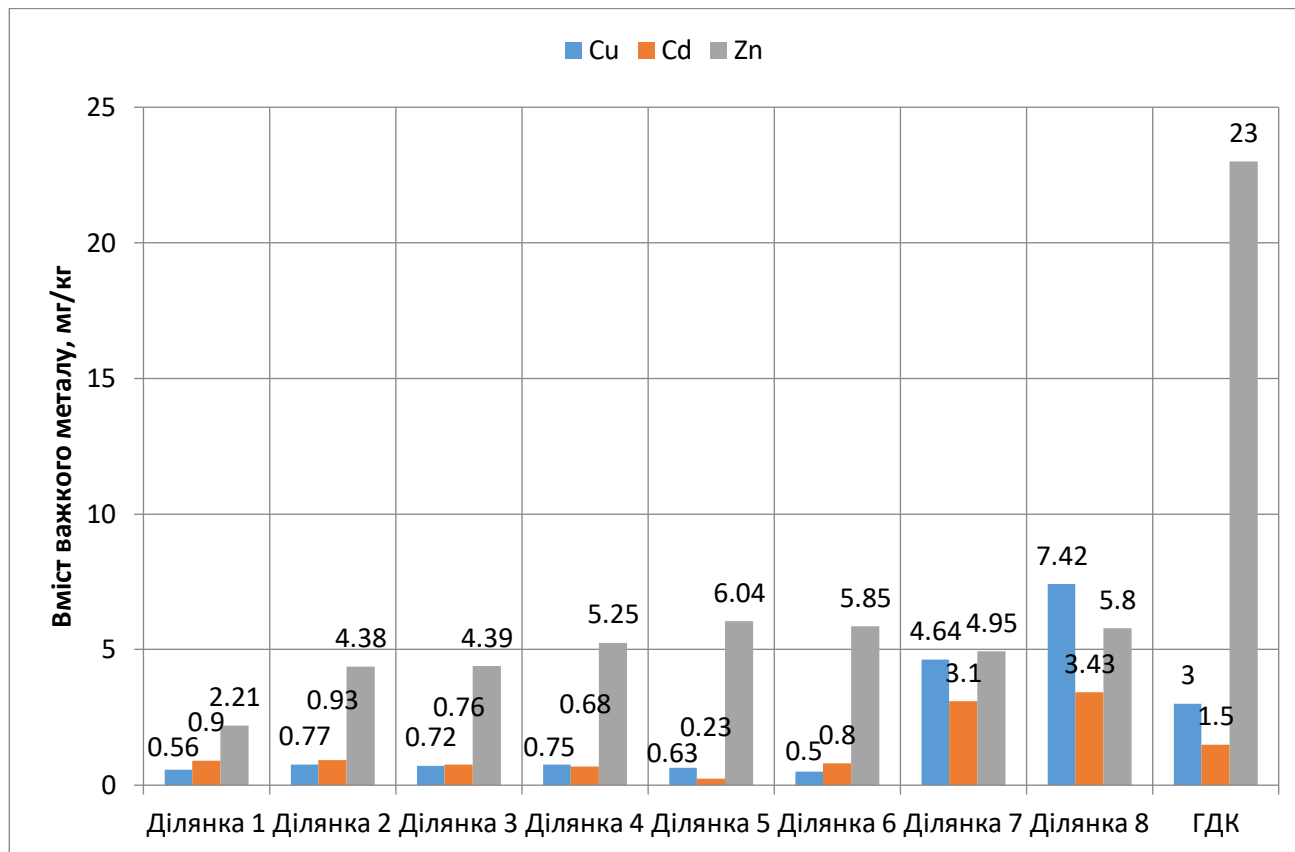


Рисунок 2 – Вміст важких металів у едафотобах прибережної зони річки Стир

Зазначимо, що внаслідок проведення осушувальних меліоративних робіт на території водозбору річки Стир споруджена велика кількість магістральних каналів, а також на канали перетворено окремі малі річки та струмки. Поверхневий стік з території міста змінює показники якості поверхневих вод. Порівняння поверхневого стоку і водовідведення показує, що стік за добу у р. Стир з території міста вже при середній максимальній сумі опадів перевищує водовідведення у 6–11 разів. З поверхневим стоком у річки м. Луцька виносяться забруднюючі речовини, які частково формують забруднення їхніх вод.

**Висновки.** Провівши аналіз вмісту таких важких металів, як Cu, Cd, Zn у воді і прибережних едафотобах р. Стир та гідрологічно зв'язаних із нею водах Гнідавського болота та Теремнівських ставків встановлено: вміст кадмію не перевищує ГДК у жодній пробі води, вміст міді перевищує ГДК у водах ділянок Гнідавського болота та Теремнівських ставків, вміст цинку перевищує ГДК у воді на ділянці с. Липняни (що за течією нижче м. Луцька) та Гнідавського болота; вміст кадмію перевищує ГДК в едафотобах ділянок Гнідавського болота та

Теремнівських ставків. Вміст міді перевищує ГДК також у едафотобах на ділянках Гнідавського болота та Теремнівських ставків. Таким чином, для запобігання забруднення важкими металами води та прибережних едафотопів необхідно запроваджувати такі технології очищення як фільтраційні системи, зворотній осмос, адсорбція, а також фітореабілітацію та біоремедіацію.

#### Список літератури:

1. A Guide to the Project Management Body of Люта Н. Г., Саніна І. В. Особливості розподілу вмісту важких металів у донних відкладах у різних природно-антропогенних умовах. *Мінеральні ресурси України*. 2023. №1. С. 35–38. URL: <https://doi.org/10.31996/mru..1.35-38>
2. Фесюк В. О., Карпюк З. К., Журба Д. В. Вплив водогосподарського комплексу м. Луцька на забруднення вод р. Стир. 2023. *Український журнал природничих наук*. № 4. С. 177–189. URL: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.18>
3. Hnativ, R., Cherniuk, V., Khirivskiy, P., Kachmar, N., Lopotych, N., Hnativ, I. Processes of Natural Self-Cleaning of Small Watercourses with Increasing Anthropogenic Load in the Dniester River

Basin. *Journal of Ecological Engineering*, 2023/ № 24(2), P. 12–18.

<https://doi.org/10.12911/22998993/156914>

4. Damian G., Iepure G., Jordan G., Nasui D., Alijagic J., Ivanišević D., Galović L., Beres I. Assessment of river sediment quality according to the EU water framework directive in mountainous fluvial conditions. a case study in the upper Tisa area, Danube river basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 17. 2022. № 2. P. 441–458; <https://doi.org/10.26471/cjees/2022/017/234>

5. Lyuta N. Regional features of heavy metals distribution in bottom sediments and surface water within river basins in Ukraine. *Geoinformatics 2021*. P. 11–14 May 2021, Kyiv, Ukraine.

6. Sukhodolska, I. L. Seasonal variations in the level of heavy metals in the water of minor rivers. *Biosystems Diversity*. 2017. № 25(1), 3–8. <https://doi.org/10.15421/011701>

7. Luo M., Yu H., Liu Q., Lan W., Ye Q., Niu Y., Niu Y. Effect of river-lake connectivity on heavy metal diffusion and source identification of heavy metals in the middle and lower reaches of the Yangtze River. *Journal of Hazardous Materials*. 2021. № 416. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125818>

8. Li M., Zhang Q., Sun X., Karki K., Zeng C., Pandey A., Rawat B., Zhang F. Heavy metals in surface sediments in the trans-Himalayan Koshi River catchment: Distribution, source identification and pollution assessment. *Chemosphere*. 2020. № 244. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125410>

9. Kataoka T., Nihei Y., Kudou K., Hinata H. Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan. *Environment pollution*. 2019. № 244. P. 958–965. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.111>

10. Ганущак М. М. Гідрохімічні особливості формування стоку р. Стир. *Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. Фізична і конструктивна географія*. 2012. № 9 (234). С. 3–10.

11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2020 році. 2021. Львів. 323 с. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/EkoMonitoring/2021/regional/.pdf>

12. Кофанов В. І., Огняник М. С. Нормативно-методичне забезпечення визначення якості води при оцінці впливу на навколишнє середовище. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2008. № 4. С. 15–23.

13. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.07.2020 № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті».

## References:

1. Lyuta N. H., Sanina I. V. (2023). Osoblyvosti rozpodilu vmistu vazhkykh metaliv u donnykh vidkladakh u riznykh pryrodno-antropohennykh umovakh. [Features of the distribution of the content of heavy metals in bottom sediments under different natural and anthropogenic conditions]. *Mineral'ni resursy Ukrayiny – Mineral resources of Ukraine*, 1.35–38. URL: <https://doi.org/10.31996/mru..1.35–38> [in Ukrainian]

2. Fesyuk V.O., Karpyuk Z.K., Zhurba D.V. (2023). Vplyv vodohospodars'koho kompleksu m. Luts'ka na zabrudnennya vod r. Styr. [The impact of the water management complex of the city of Lutsk on the pollution of the waters of the Styr River]. *Ukrayins'kyi zhurnal pryrodnychyykh nauk – Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 4.177–189. URL: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.18> [in Ukrainian]

3. Hnativ, R., Cherniuk, V., Khirivskyi, P., Kachmar, N., Lopotych, N., Hnativ, I. (2023). Processes of Natural Self-Cleaning of Small Watercourses with Increasing Anthropogenic Load in the Dniester River Basin. *Journal of Ecological Engineering*, 24(2), P. 12–18. <https://doi.org/10.12911/22998993/156914>

4. Damian G., Iepure G., Jordan G., Nasui D., Alijagic J., Ivanišević D., Galović L., Beres I. (2022). Assessment of river sediment quality according to the EU water framework directive in mountainous fluvial conditions. a case study in the upper Tisa area, Danube river basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 17. № 2. P. 441–458; <https://doi.org/10.26471/cjees/2022/017/234>

5. Lyuta N. 2021. Regional features of heavy metals distribution in bottom sediments and surface water within river basins in Ukraine. *Geoinformatics 2021*. 11-14 May 2021, Kyiv, Ukraine. 21005.

6. Sukhodolska, I. L. (2017). Seasonal variations in the level of heavy metals in the water of minor rivers. *Biosystems Diversity*. 25(1), 3–8. <https://doi.org/10.15421/011701>

7. Luo M., Yu H., Liu Q., Lan W., Ye Q., Niu Y., Niu Y. (2021). Effect of river-lake connectivity on heavy metal diffusion and source identification of heavy metals in the middle and lower reaches of the Yangtze River. *Journal of Hazardous Materials*. 416. 125828. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125818>

8. Li M., Zhang Q., Sun X., Karki K., Zeng C., Pandey A., Rawat B., Zhang F. (2020). Heavy metals in surface sediments in the trans-Himalayan Koshi River catchment: Distribution, source identification and pollution assessment. *Chemosphere*. 244. 125410. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125410>

9. Kataoka T., Nihei Y., Kudou K., Hinata H. (2019). Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments



of Japan. *Environment pollution*. 244. 958-965. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.111>

10. Hanushchak M. M. (2012) Hidrokhimichni osoblyvosti formuvannya stoku r. Styr [Hydrochemical features of the Styr River run-off formation]. *Naukovyy visnyk Volyns'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrayinky. Fizychna i konstruktyvna heohrafiya – Scientific bulletin of Lesya Ukrainka Volyn National University. Physical and constructive geography*, 9 (234). 3-10.

11. Regional report on the state of the natural environment in the Lviv region in 2020. 2021. Lviv. 323 p. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/files/docs/EkoMonitoring/2021/regional/.pdf> [in Ukrainian].

12. Kofanov V. I., Ognyanuk M. S. (2008). *Normatyvno-metodychne zabezpechennya*

*vyznachennya yakosti vody pry otsyntsi vplyvu na navkolyshnye seredovyshche* [Normative and methodological support for determining water quality during environmental impact assessment]. *Ekolohiya dovkillya ta bezpeka zhyttyediyal'nosti – Environmental ecology and life safety*, 4. 15-23 [in Ukrainian]

13. Ministerstvo okhorony zdorov'ya Ukrayiny [Ministry of Health of Ukraine] 14.07.2020 № 1595. Nakaz «Pro zatverdzhennya Hihiyenichnykh rehlamentiv dopustymoho vmistu khimichnykh rehovyn u grunti»

14. Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 14.07.2020 No. 1595 "On the approval of Hygienic regulations on the permissible content of chemical substances in soil". On the approval of Hygienic regulations on the permissible content of chemical substances in soil" [in Ukrainian]

© В. П. Копилов, В. В. Попович, 2024.

**Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 10.06.2024.

Прийнято до публікації 12.06.2024.