

УДК: 504.054:504.064.2

Симканич О.І., викл.; Кундрик К.М., студ.; Глух О.С., к.х.н., доц.;  
Сухарев С.М., д.х.н., проф.

## РОЗПОДІЛ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ДОННИХ ВІДКЛАДАХ РІЧКИ УЖ У МЕЖАХ МІСТА УЖГОРОДА

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»,  
88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46, e-mail: Sumkanich@mail.ru

При дослідженні екологічного стану водних об'єктів особливу роль відіграє вивчення властивостей їх донних відкладів. Донні відклади відіграють особливу роль у житті водойм, адже приймають участь у кругообігу речовин, відображають її стан і тенденції щодо накопичення екополютантів, дають змогу оцінити в просторі та часі зміни розподілу та міграції компонентів у системі «вода – донні відклади» [1-3]. Крім того, донні відклади є безпосереднім середовищем розвитку і життєдіяльності різноманітних організмів.

Донні відклади водойм можна розглядати як критерії їх асимілюючої ємності щодо екополютантів, серед яких важливу роль відіграють важкі метали (ВМ). Вміст ВМ у донних відкладах водойм визначається рядом факторів, зокрема геохімічними особливостями їх басейну, наявністю джерел надходження ВМ, вмістом гумінових речовин у донних відкладах, тощо. Саме тому ряд робіт присвячений вивченню акумуляції та міграції ВМ у водних екосистемах [3, 4].

Міграційна здатність ВМ у системі «вода – донні відклади» визначається багатьма факторами [5-7], проте вивчення таких закономірностей дозволяє прогнозувати поведінку ВМ у водоймах, а також оцінити потенційну загрозу погіршення їх екологічного стану за рахунок вторинного забруднення [8, 9].

Особливої уваги заслуговують дослідження екологічного стану донних відкладів річок, адже це дозволяє оцінити і прогнозувати міграційні процеси у межах водного об'єкту, визначити ділянки акумуляції ВМ, а також виявити джерела їх надходження у водойму. Такі дослідження

для донних відкладів р. Уж в межах м. Ужгорода не проводились, тому саме цьому аспекту присвячена дана робота. З огляду на широке використання р. Уж у різних галузях, вивчення розподілу ВМ у донних відкладах даної водойми є актуальним і дозволяє оцінити ризики вторинного забруднення річки.

### Експериментальна частина

Відбір проб донних відкладів р. Уж проводився у відповідності з [10] з урахуванням рекомендацій [11]. Донні відклади р. Уж відбирались посезонно протягом 2014-2015 рр. у межах м. Ужгорода з урахуванням морфології русла і можливих потенційних джерел забруднення. Підготовка проб донних відкладів для визначення вмісту ВМ проводилась згідно [12].

Відбір проб заплавних ґрунтів проводився згідно [13] у межах ділянок відбору проб донних відкладів одноразово восени 2014 року. Підготовка проб ґрунтів для визначення вмісту ВМ проводилась згідно [12].

Визначення вмісту ВМ проводили методом електротермічної атомно-абсорбційної спектроскопії. Визначення ВМ проводили на атомно-абсорбційному комплексі КАС-120.1.

Визначення ВМ проводили за таких умов: атомізація проводилась у режимі «газ-стоп»; корекція фону (дейтерієва лампа); об'єм аналізованої проби 10-20 мкл; застосовували звичайні графітові кювети; температура очистки графітової печі 3000°C; джерело світла – модифіковані лампи порожнистого катоду; захисний газ – високочистий Аргон. Умови визначення ВМ:

(довжина хвилі, нм / ширина щілини, нм): Cu – (324,8/0,4); Pb – (283,3/0,4); Zn – (213,9/0,7). Температура атомізації 2400°C. Як хімічний модифікатор використовували Pd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

У роботі використовували стандартні зразки розчинів металів, зокрема ДСЗУ 022.47-96, ДСЗУ 022.63-96, ДСТУ 022.54-96.

Визначення актуальної кислотності донних відкладів (рН водної витяжки при співвідношенні 1:5) проводили за [14], а вмісту органічних речовин – за [15].

### Результати та їх обговорення

Ділянки відбору проб донних відкладів р. Уж обрالیся таким чином, щоб можна було оцінити зміну ступеня антропогенного навантаження на річку. Так, ділянка № 1 – вверх за течією річки вище межі м. Ужгорода (фоновий стан), ділянки № 2-4 – у межах м. Ужгорода біля джерел скиду зливних дощових (талих) вод міста, ділянка № 5 – нижче за течією ділянки скиду комунально-побутових стічних вод м. Ужгорода.

Результати визначення вмісту ВМ у донних відкладах р. Уж в межах м. Ужго-

рода, а також окремих показників стану донних відкладів представлені у табл. 1.

Аналіз даних табл. 1 показує, що вміст ВМ у донних відкладах р. Уж є невеликим, незначно коливається у межах сезонів, проте спостерігаються дві основні тенденції. По-перше, при переході від ділянки № 1 до ділянок № 2-4 зростає вміст ВМ у донних відкладах, проте зростання є відносно фрагментарним. Це, очевидно, зумовлю надходження ВМ у воду р. Уж із дощовими (талими) зливними водами м. Ужгорода з наступним накопиченням у донних відкладах. При цьому, площа поверхневого стоку зливних вод є значною, а джерелами ВМ є вуличний пил, який збагачений сполуками ВМ за рахунок автотранспорту. По-друге, на ділянці дослідження № 5 вміст ВМ у донних відкладах є значно нижчим, навіть у порівнянні з фоновим значенням (ділянка № 1). Це зумовлено значним зростанням вмісту органічних сполук у донних відкладах ділянки № 5 за рахунок скиду комунально-побутових стічних вод (до 85 тис. м<sup>3</sup>/добу), що підтверджується даним табл. 1 щодо вмісту органічних речовин.

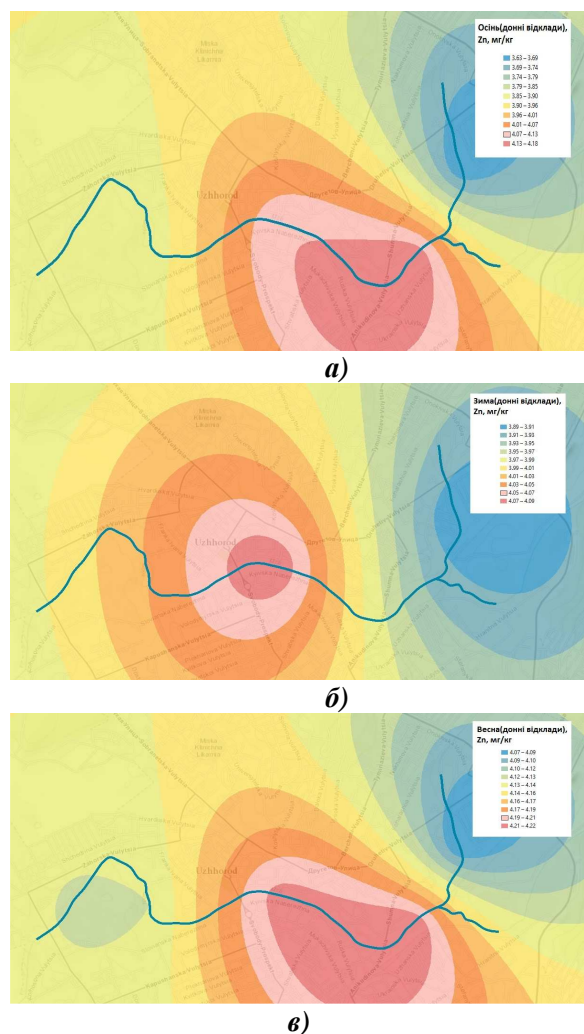
**Таблиця 1.** Результати визначення вмісту ВМ у донних відкладах річки Уж ( $n=6$ ;  $P=0,95$ )

Ділянка річки	Знайдено ВМ ( $\bar{X} \pm \delta / S_r$ ), мг/кг сухого мулу			рН	Вміст органічних речовин, %
	Zn	Cu	Pb		
Осінь 2014 року					
№ 1	3,87±0,22 / 0,057	0,99±0,11 / 0,114	0,84±0,08 / 0,095	7,6±0,2	2,4±0,2
№ 2	4,11±0,23 / 0,055	1,16±0,13 / 0,116	0,91±0,08 / 0,087	7,7±0,3	3,8±0,3
№ 3	4,18±0,23 / 0,054	1,21±0,12 / 0,107	0,104±0,09 / 0,085	7,6±0,3	4,1±0,3
№ 4	3,63±0,20 / 0,056	1,24±0,13 / 0,103	0,88±0,08 / 0,091	7,4±0,2	4,5±0,3
Зима 2014-2015 року					
№ 1	4,03±0,21 / 0,053	1,05±0,10 / 0,099	0,76±0,08 / 0,101	7,7±0,3	2,3±0,2
№ 2	4,09±0,23 / 0,056	1,01±0,11 / 0,104	0,87±0,08 / 0,097	7,4±0,2	3,4±0,3
№ 3	3,94±0,23 / 0,058	1,12±0,10 / 0,094	0,81±0,08 / 0,095	7,6±0,3	3,9±0,3
№ 4	3,89±0,21 / 0,055	1,07±0,10 / 0,097	0,89±0,08 / 0,091	7,6±0,3	4,0±0,3
Весна 2015 року					
№ 1	4,13±0,24 / 0,059	0,86±0,09 / 0,106	0,84±0,08 / 0,090	7,2±0,2	3,0±0,3
№ 2	4,21±0,22 / 0,053	0,79±0,09 / 0,111	0,74±0,07 / 0,098	7,7±0,3	3,8±0,3
№ 3	4,22±0,24 / 0,057	0,95±0,09 / 0,098	0,79±0,09 / 0,092	7,5±0,2	4,2±0,3
№ 4	4,07±0,23 / 0,056	1,07±0,10 / 0,093	0,82±0,08 / 0,095	7,3±0,2	4,0±0,3
№ 5	2,96±0,18 / 0,061	0,81±0,09 / 0,109	0,31±0,03 / 0,101	6,6±0,2	7,1±0,5

Примітка. № 1 – № 5 – ділянки дослідження донних відкладів р. Уж за течією; рН – кислотність водної витяжки донних відкладів при співвідношенні донні відклади : вода = 1:5.

Крім того, вміст ВМ у донних відкладах практично не залежить від кислотності цих відкладів та вмісту органічних речовин (крім ділянки № 5).

На основі одержаних даних по вмісту ВМ у донних відкладах р. Уж за допомогою програми ArcGIS 10.2.1 [16] проведено картографування досліджуваних ділянок. Як приклад, на рис. 1 показано розподіл Цинку в донних відкладах р. Уж у межах досліджуваних територій.



**Рис. 1.** Карта басейну р. Уж у межах досліджуваної території за розподілом Zn у донних відкладах за періоди: *а)* осінь, *б)* зима, *в)* весна.

Дані рис. 1 показують, що можна виділити окрему зону акумуляції Цинку в донних відкладах р. Уж. Так, восени ділянка акумуляції Цинку в донних відкладах зосереджена у межах скиду зливних дощових вод (рис. 1 *а*), яка поступово мігрує за течією взимку (рис. 1 *б*). Це зумовлено, очевидно,

різною кількістю опадів, а відтак і зливних дощових (талих) вод, що скидаються в р. Уж, а також міграцією донних відкладів за течією річки. Весною, коли кількість опадів знову зростає, ділянка акумуляції Цинку знову знаходиться в зоні скиду зливних дощових (талих) вод (рис. 1 *в*).

Результати картографування басейну р. Уж з вмістом ВМ у донних відкладах річки дозволяє прогнозувати стан цих донних відкладів у різні сезони, що підвищує ефективність заходів екологічного менеджменту.

Важливим критерієм оцінки стану донних відкладів річок є залежність хімічного складу цих відкладів від хімічного складу заплавних ґрунтів. Це дозволяє оцінити міграційні процеси у системі «ґрунт – донні відклади», що також може впливати на екосистеми водойм. Для з'ясування таких закономірностей, нами проведено визначення показників стану заплавних ґрунтів за аналогічними донним відкладам параметрами. Результати дослідження стану заплавних ґрунтів представлені у табл. 2.

Аналіз даних табл. 2 показує, що валовий вміст ВМ у заплавних ґрунтах є невисоким і відносно рівномірним за течією річки. При цьому, вміст ВМ у ґрунтах є значно вищим, ніж у донних відкладах р. Уж. Очевидно це умовлено тим, що на міграцію ВМ у системі «ґрунт – донні відклади» домінуючу роль відіграють кислоторозчинні форми ВМ ґрунту, вміст яких є значно нижчим, ніж валовий вміст.

Актуальна кислотність заплавних ґрунтів є близькою до кислотності донних відкладів р. Уж, але вміст органічних речовин у ґрунтах є меншим, ніж у відповідних донних відкладах. Тому ці показники, очевидно, незначно впливають на міграцію ВМ у системі «ґрунт – донні відклади» для р. Уж в межах м. Ужгорода.

На основі даних вмісту ВМ у заплавних ґрунтах і донних відкладах р. Уж розраховані коефіцієнти міграції ( $K_{\text{міг}}$ ) ВМ у системі «ґрунт – донні відклади» (без урахування даних для ділянки № 5), які відповідно складають: Zn –  $16,5 \pm 1,0\%$ , Cu –  $9,8 \pm 0,5\%$ , Pb –  $8,4 \pm 1,0\%$ . Видно, що міграція ВМ у системі «ґрунт – донні відклади» є незначною, а отже донні відклади мають низьку акумулюючу

здатністю до ВМ, тому хімічний склад (за вмістом ВМ) донних відкладів р. Уж не відображає хімічний склад заплавних ґрунтів басейну даної річки.

В той же час, донні відклади р. Уж можуть бути потенційним джерелом

вторинного забруднення води даної річки, адже на міграцію ВМ у системі «донні відклади – вода» впливають ряд факторів [9, 17, 18], що може впливати як на гідробіонтів, так і обмежувати можливості використання води даної річки.

**Таблиця 2.** Результати визначення валового вмісту ВМ у заплавних ґрунтах р. Уж ( $n=6$ ;  $P=0,95$ )

Ділянка річки	Знайдено ВМ ( $\bar{X} \pm \delta / S_r$ ), мг/кг ґрунту			рН	Вміст органічних речовин, %
	Zn	Cu	Pb		
№ 1	23,7±1,01 / 0,042	10,3±0,5 / 0,048	8,8±0,5 / 0,055	7,3±0,3	2,2±0,1
№ 2	25,2±1,11 / 0,044	9,6±0,5 / 0,053	9,7±0,5 / 0,051	7,5±0,4	2,7±0,1
№ 3	22,4±1,09 / 0,049	11,4±0,5 / 0,046	7,6±0,4 / 0,058	7,4±0,3	2,6±0,1
№ 4	24,9±1,17 / 0,047	10,8±0,6 / 0,051	10,1±0,5 / 0,047	7,5±0,4	2,6±0,1
№ 5	25,5±1,10 / 0,043	11,1±0,5 / 0,044	9,3±0,5 / 0,052	7,1±0,3	3,8±0,2

Примітка. № 1 – № 5 – ділянки дослідження заплавних ґрунтів р. Уж; рН – кислотність водної витяжки ґрунтів при співвідношенні ґрунт : вода = 1:5.

Отже, вміст ВМ у донних відкладах р. Уж у межах м. Ужгорода є невеликим, а їх розподіл за течією річки визначається джерелами надходження ВМ, зокрема ділянками впадання зливних (дошових) вод у річку, що слід враховувати при використанні даної водойми.

### Висновки

На основі вивчення розподілу ВМ у донних відкладах р. Уж у межах м. Ужгорода показано, що суттєвого впливу на цей процес надають зливні дощові (талі) води міста, а ділянки акумуляції ВМ незначно мігрують за течією річки посезонно. В цілому, загальний вміст ВМ у донних відкладах р. Уж є невеликим, що свідчить про відсутність потужних джерел їх надходження, а міграція ВМ у системі «заплавні ґрунти – донні відклади» є незначною.

### Список використаних джерел

1. Алехина Т.Н., Бобко А.А., Малахов И.Н. Тяжелые металлы в донных осадках рек промышленных регионов. *Довкілля і здоров'я*. 2007, 3, 9-13.

2. Xiangdong Li, Zhenguo Shen, Onyx W.H Wai, Yok-Sheung Li. Chemical Forms of Pb, Zn and Cu in the Sediment Profiles of the Pearl River Estuary. *Marine Pollution Bulletin*. 2001, 42(3), 215-223.

3. Войтюк Ю. Ю., Кураєва І. В., Самчук А. І., Маничев В. Й. Вплив діяльності підприємств чорної металургії на вміст і форми знаходження важких металів у об'єктах навколишнього середовища. *Мінералогічний журнал*. 2011, 3, 77-83.

4. Кураєва І. В., Войтюк Ю. Ю., Маничев В. Й. Оцінка впливу діяльності підприємств чорної металургії на оточуюче середовище за геохімічними показниками (на прикладі м. Маріуполя). *Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України*. 2012, 3-2, 104-119.

5. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. – К.: *Наук. думка*, 2007. С. 456.

6. Зубко О.В., Линник П.М. Вплив різних чинників на міграцію Zn та Pb в системі «донні відклади – вода». *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2004, 253, 205-218.

7. Папина Т.С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода – взвешенное вещество – донные отложения речных экосистем. Аналит. обзор. Новосибирск: *Изд-во ГПНТБ СО РАН*, 2001. С. 58.

8. Линник П.Н. Донные отложения водоемов как потенциальный источник вторичного загрязнения

водной среды соединениями тяжелых металлов. *Гидробиол. журн.* 1999, 35(2), 97-109.

9. Линник П.Н. Влияние различных факторов на десорбцию металлов из донных отложений в условиях экспериментального моделирования. *Гидробиол. журн.* 2006, 42(3), 97-114.

10. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность: *ГОСТ 17.1.5.01.80*. Введен 01.01.81.

11. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов: *РД 52.24.609-2013*. Введен 02.09.2013.

12. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кадмия и хрома в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии: *ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02*. Утвержден 06.08.2002.

13. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. *ГОСТ 17.4.4.02-84*. Введен 01.01.86.

14. Якість ґрунту. Визначення рН. *ДСТУ ISO 10390:2007*. Чинний з 01.10.2009.

15. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. *ДСТУ 4289:2004*. Чинний з 01.07.2005.

16. Lisichenko R. Getting to Know ArcGIS Desktop (Review). *Journal of Stem Teacher Education*. 2011, 48(3), 93-99.

17. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В., Кроїк Г.А., Кармазиненко С.П., Мацібора О.В. Вміст та форми знаходження важких металів у донних відкладах в зоні впливу промислових джерел забруднення. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія»*. 2014, 15, 208-214.

18. Андрусишин Г.Т., Грубінко В.В. Сезонна динаміка вмісту металів у воді та донних відкладах річки Збруч. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2012, 58, 165-174.

Стаття надійшла до редакції: 02.09.2015.

## DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN THE BOTTOM SEDIMENTATIONS OF THE RIVER UZH IN THE TERRITORY OF CITY UZHOROD

**Symkanich O.I., Kyndruck K.M., Gluch O.S., Sukharev S.M.**

The distribution patterns of heavy metals (Zn, Cu, Pb) in the bottom sediments of the river Uzh were established. The impacts on the process, at a relative stability of other factors have rain and melt water of Uzhgorod have been studied. The total content of heavy metals in bottom sediments of the river Uzh observed to be low because of absence of powerful incoming sources on the studied territory. It was found, that migration of these compounds in the «floodplain soils - bottom sediments» system is negligible. It is shown that land accumulation of heavy metals in bottom sediments can migrate downstream seasonally because of the peculiarities of the river flow and water disposal conditions drain rainwater. The established patterns are able to predict the changes of heavy metals concentrations in river sediments in future.