

ВПЛИВ ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МАЛОЇ РІЧКИ З УРАХУВАННЯМ СКЛАДУ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ

Ірина Чушкіна¹, Наталія Максимова², Ірина Семеняка³

¹Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка»,
пр. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, Україна, 49005,

²Технічний університет «Метінвест Політехніка», Південне шосе, буд. 80,
м. Запоріжжя, Україна, 69008,

³ТОВ "ВАЙТПРОДЖЕКТ", вул. Купріна, 128Б, м. Кривий Ріг,
Дніпропетровська обл., Україна, 50045,

¹ канд. техн. наук, zalomiy80@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1251-6664 ,

² канд. техн. наук, natashannnnnn@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1684-7479,

³ магістр з екології, semiryck@gmail.com, orcid.org/0000-0002-9610-2401

DOI: 10.32347/2524-0021.2022.40.65-77

Анотація. В звітах з оцінки впливу на довкілля планованої діяльності, спрямованої на відновлення гідрологічного режиму та санітарного стану річок не завжди приділяється увага поглибленому аналізу фізико-хімічного складу донних відкладень. Мулові відклади зарекомендували себе як добрий меліорант для сільськогосподарських угідь за умови задовільного якісного складу. Донні відклади, особливо їх тонкодисперсна алювіальна фракція, акумулюють різні сполуки та мікроелементи, зокрема важкі метали. Аналіз вмісту заліза Fe, марганцю Mn, кобальту Co, хрому Cr та визначення інтегрального рівня забруднення донних відкладень не виявили їх токсичного забруднення в районі розташування с. Клешнівка та смт. Петриківка. Визначення «індексів геоаккумуляції» по Г. Мюллеру в переважній більшості випадків надав змогу класифікувати донні відкладення р. Чаплинка не забрудненими, а техногенне навантаження на гідроекосистеми як слабке. З урахуванням рекомендацій щодо вмісту марганцю Mn в ґрунтовому покриву отримано п'ятий Ігео-клас, який свідчить про сильне забруднення та про суттєве техногенне навантаження на гідроекосистеми. Для характеристики процесів, що відбуваються у гідроекосистемі р. Чаплинка було розраховано коефіцієнт донної акумуляції. Оцінення екологічного статусу гідроекосистем виявило в переважній більшості надзвичайну екологічну ситуацію, існує суттєва загроза накопичення заліза Fe, марганцю Mn у донних відкладеннях. Незважаючи на виявлену низьку загрозу забруднення донних відкладень хромом Cr ризик підвищується за рахунок доволі мінливого хімічного складу поверхневих вод, а отже й можливості настання екологічної кризи для гідроекосистеми. Відновлення гідрологічного режиму сприяло б покращенню санітарного стану малої річки. Пониження ефективності днопоглиблювальних робіт частково відбувається внаслідок значної зарегульованості русел річок, а в переважній більшості випадків пропускні гідротехнічні споруди не передбачені або не відповідають сучасному рівневому режиму водотоків. Після проведення розчинок русла річок наявна небезпека вторинного їх замулення, внаслідок залишення частини тимчасових відвалів на берегах в межах водоохоронних зон без закріплення.

Ключові слова: малі річки, донні відкладення, токсичне забруднення, індекси геоаккумуляції, коефіцієнт донної акумуляції, зарегульованість, днопоглиблювальні роботи.

ВСТУП

Загальновідомо, що донні відкладення водотоків та водойм можна віднести до надійного показника екологічного стану гідроекосистеми [1]. Донні відкладення, особливо їх тонкодисперсна алювіальна фракція [2], акумулюють різні солі, сполуки важких металів, зважені речовини природного та техногенного походження [3-5]. Важкі метали, які переважно накопичуються в пелітовій фракції донних відкладень [6], за своїм походженням можуть бути як природні, так й техногенні [7].

Якісний склад донних відкладень є також важливим для надійної оцінки ризику впливу важких металів для водних організмів, оскільки гідрохімічні показники поверхневих вод як правило більш мінливі у часі [8-9]. Тому антропогенне навантаження на водну екосистему або її водозбірну площу знайде відображення в якості незворотних змін в будові і складі донних відкладень [10-11].

Як зазначають [6, 12] хоча це сприяє самоочищенню водного середовища, оскільки акумулюються різні екоотоксиканти, однак також є й джерелом вторинного забруднення водойм та індикатором динаміки техногенезу.

Утворення мулових відкладень досить тривале, а їх меліоративні властивості відомі давно і відзначаються в багатьох науково-дослідних роботах [13-15]. Тому втрата цінного природного ресурсу в результаті людської недбалості не припустима [16, 17]. Це свідчить про доцільність визначення хімічного складу донних відкладень на стадії проектування днопоглиблювальних робіт малих і середніх річок, що на жаль не завжди відбувається. Про це свідчить аналіз звітів з оцінки впливу на довкілля відповідних видів будівельних робіт [18-20].

МЕТА І МЕТОДИ

Необхідність врахування цінності донних наносів як природного ресурсу та індикатору екологічного стану гідроекосистеми під час проектування та

проведення днопоглиблювальних робіт на малих і середніх річках розглядається на прикладі малої річки Чаплинка, яка є правою притокою р. Оріль. Поверхневі води останньої вважаються найчистішими в межах Дніпропетровської області.

По гідрогеологічним умовам спостерігається активний відтік підземних вод по горизонту неогенових пісків з басейну р. Чаплинка в басейни р. Кільчень, р. Дніпро і в нове русло р. Оріль. Особливо цьому сприяє інфільтрація у підземні горизонти з чисельних ставків і водосховищ в долині р. Чаплинка. Таким чином, у верхній частині басейну, де річка живиться в основному з четвертинного водоносного горизонту, умови джерельного живлення кращі, ніж у середній і нижній частинах басейну, де більшу частину меженого періоду ріка пересихає, течія на перекатах в сухий період року припиняється [20].

Басейн р. Чаплинка має видовжену в плані форму. Загальний уклін басейну направлений з північного сходу на південний захід. Довжина басейну 52 км, середня ширина – 12 км. Площа басейну річки 615 км².

Близька до природного вигляду рослинність в басейні займає площу 39 км² (6,4 %), в тому числі; ліси і полезахисні лісосмуги – 11,2 км², степи – 11,7 км², луки – 9,7 км² і болота – 6,4 км². Лісистість басейну 1,9 %, заболоченість – 1,1 %. Орні землі в басейні складають 466 км², розораність басейну 77,0 % [20].

Рельєф басейну річки рівнинний, помірно горбистий. Глибина ерозійного врізу долини річки у верхів'ї і середній частині 20-40 м, в нижній частині 3-6 м. Вододільні ділянки басейну характеризуються складним мікрорельєфом з безліччю малих і великих безстічних знижень, блюдець, які є концентраторами поверхневого стоку.

Ґрунти басейну р. Чаплинка по вододільним плато і схилам долин переважно чорноземи звичайні потужні мало- і середньогумусні важко- і

середньосуглинкові; в заплаві ріки і приток розповсюджені лучно-чорноземні ґрунти на лесових породах у верхній і середній частині ріки, і лучні, лучні алювіальні солонцюваті, лучно-болотні на делювіальних і алювіальних суглинкових, глинистих і піщаних відкладеннях – в нижній частині.

В басейні річки нараховується 32 ставка і 3 малих водосховища загальним об'ємом 9,8 млн. м³ і площею водного дзеркала 4,5 км². Ставки і водосховища використовуються для риборозведення, рекреації, зрошення земель (табл. 1) [20].

Табл. 1. Технічна характеристика водосховищ в басейні р. Чаплинка [20]

Table 1. Technical characteristics of reservoirs in the basin of the Chaplinka River [20]

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру*	Петриківське	Шевченківське (нижнє)	Шевченківське (верхнє)
1	Відстань від гирла річки	км	8,0	45,3	52,3
2	Довжина водотоку	км	65,4	28,1	21,0
3	Площа водозбору	км ²	520	130	115
4	Відмітки рівня води при нормальному підпертому рівні (НПР)	м БС	60,0	81,1	85,3
5	Об'єм при НПР	млн. м ³	1,6	1,26	1,0
6	Площа водного дзеркала при НПР	га	57	61	38
7	Середня глибина	м	2,8	2,1	2,6
8	Річна норма стоку	млн. м ³	15,8	3,94	3,48
9	Максимальна витрата Q _{макс 5%}	м ³ /с	40,6	34,2	31,2
10	Рік здачі в експлуатацію		1963	1955	1955
11	Призначення водосховища		риборозведення, рекреація		

Примітка. БС – Балтійська система висот.

Сумарний об'єм ставків і водосховищ в басейні ріки значно перевищує стік річки 95 % забезпеченості, який становить 4,4 млн. м³.

Річка Чаплинка має 4 притоки першого порядку (довжиною більше 9 км) і одне

безстічне урочище загальною довжиною 57,5 км. Разом з р. Чаплинка довжина річкової мережі складає 131,7 км, густота річкової мережі – 0,21 км/км² (табл. 2) [20].

Табл. 2. Гідрографічна характеристика річкової мережі р. Чаплинка [20]

Table 2. Hydrographic characteristics of the river network of the Chaplinka River [20]

№ п/п	Найменування річок	Притока ріки, балки	Притока права, ліва	Відстань від гирла, км	Довжина, км	Площа басейну, км ²
1	р. Чаплинка всього	р. Оріль	ліва	34,6	74,0	615
2	б. Чаплинка	р. Чаплинка	права	64,8	12,2	43,9
3	б. Тернова	р. Чаплинка	ліва	55,1	9,3	30,7
4	б. Суха	р. Чаплинка	права	38,5	14,1	131
5	Дренажний канал В-5	р. Чаплинка	ліва	27,2	10,7	45,9
6	Безстічне ур. Підкряжне	-	праве	-	11,2	58,0
	Всього:				131,7	615

Яружно-балкова мережа басейну складається з 21 великих і малих балок і ярів. Загальна довжина яружно-балкової мережі 42,4 км, сумарна довжина річкової і яружно-балкової мережі 174 км, густина річкової і яружно-балкової мережі 0,28 км/км² [20].

Русло р. Чаплинка має довжину 74,0 км. Звивистість русла помірна – коефіцієнт звивистості 1,34. Найбільша в басейні довжина русла від витоку р. Чаплинка дорівнює 76,8 км [20].

Живлення р. Чаплинка переважно снігове і дощове, для літньо-осінньо-зимової межени має значення джерельне живлення у верхній частині басейну, інфільтрація з русла ріки, з ставків і водосховищ у середній і нижній частині, а також зарегулювання стоку (нагромадження води) у ставках і водосховищах.

Для водного режиму характерна весняна повінь і літньо-осінньо-зимова межінь, що переривається в літню пору короткими паводками від зливових дощів. У межений період через значне випаровування води і інфільтрацію в плесах, ставках і водосховищах річка пересихає, течія на перекатах між плесами припиняється. Спостерігається значний перетік води з плес, ставків і водосховищ по підземним горизонтам в долини рік Кільчень (глибина ерозійного врізу якої значно більша, ніж у р. Чаплинка) і Оріль (у нове штучне русло).

Розрахунковий об'єм річкового стоку р. Чаплинка в низовій частині, нижче Петриківського водосховища, у середньому за багаторічний період становить 18,0 млн. м³/рік. Річковий стік дуже нерівномірний, найбільший спостерігався у 2003 р. – 47,5 млн. м³/рік, найменший становив 2,65 млн. м³/рік (1975 р.). Середній стік року 95 % забезпеченості становить 3,92 млн. м³. Річковий стік також нерівномірний по місяцях і сезонах року. Найбільш водяний місяць – березень, середня витрата води якого дорівнює 1,81 м³/с, найбільш посушливий – вересень – 0,35 м³/с [20].

Хімічний склад води річок формується під впливом поверхневого стоку, забрудненого продуктами ерозії і змиву хімічних добрив з орних земель, змиву з вулиць населених пунктів, підземного живлення. У низовій частині р. Чаплинка завдяки відсутності безперервного потоку води і значного впливу підземного живлення хімічний склад води може різко змінюватись на різних ділянках ріки, а також в залежності від сезону року. По даним спостережень в різні роки сухий залишок становив від 1242 мг/дм³ в гирлі річки (1994р.) до 3374 мг/дм³ в смт. Магдалинівка (2007р.) (табл. 3) [20].

Мінливий хімічний склад поверхневих вод р. Чаплинка свідчить про доцільність хімічного аналізу донних відкладень.

З метою оцінення рівня забрудненості донних відкладень р. Чаплинка було використані результати хімічних аналізів 4 проб, які були відібрані межах водоохоронних зон та прибережних захисних смуг річки, та мулових відкладень у травні 2020 року (рис. 1, табл. 4) [20]. Меандрування русла річок є природним процесом, тому прийнято допущення, що відібрані проби в межах меандр р. Чаплинка можна використовувати також для оцінки якісного стану її донних відкладень.

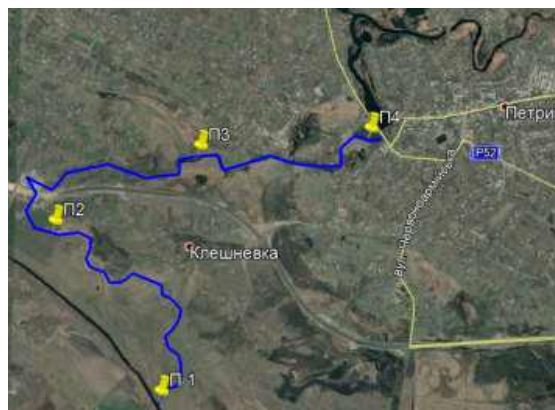


Рис. 1. Схема відбору проб донних відкладень [20]

Fig. 1. Scheme of sampling of bottom sediments [20]

Табл. 3. Хімічний склад поверхневих вод р. Чаплинка за даними [20]

Table 3. Chemical composition of surface waters of the Chaplinka River [20]

Найменування компонентів	сmt. Магдалинівка	с. Першотравенка	сmt. Петриківка, став	с. Іванівка	гирло	гирло
Дата відбору проб	25.10.2007	1994	03.06.2016	03.05.2020	03.05.2020	1994
Відстань від гирла, км	61,2	38,5	7,1	6,6	0	0
Сухий надлишок, мг/дм ³	3374	2075	1524	3200	2640	1242
Залізо загальне Fe, мг/дм ³	0,05	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,30
Марганець Mn, мг/дм ³	<0,01	-	<0,05	0,09	0,05	-
Хром Cr, мг/дм ³	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-
Формула хімічного складу	сульфатно-гідрокарбонатно-магнієво-натрієва	сульфатно-гідрокарбонатно-натрієво-магнієва			сульфатно-гідрокарбонатно-натрієво-кальцієва	гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієво-натрієва

Примітка. «-» – відсутні дані (див. табл. 3, 5-6).

Табл. 4. Результати лабораторного дослідження донних відкладень

Table 4. Results of laboratory research of bottom sediments

Показник	Проба № 1. Донні відкладення природних водойм	Проба № 2. Донні відкладення природних водойм	Проба № 3. Донні відкладення природних водойм	Проба № 4. Донні відкладення природних водойм
		р. Чаплинка, заплава місця впадіння у р. Оріль, заплава ближче до східного берегу Об'єднано-усереднена проба. 48°41'30.3"N 34°35'22.7"E, 48°41'30.5"N 34°35'22.8"E	р. Чаплинка, заплава північного берегу на південь від ґрунтової дороги перед меандрою на південно-західній межі села Клешнівка Об'єднано-усереднена проба. 48°42'21.0"N 34°34'34.2"E, 48°42'20.9"N 34°34'35.6"E	р. Чаплинка, заплава меандри на південній межі с. Іванівка, і північний берег на південь від ґрунтової дороги. Об'єднано-усереднена проба. 48°42'43.4"N 34°35'33.0"E, 48°42'44.7"N 34°35'42.3"E
Водневий показник (водна витяжка), од. рН	7,0±0,2	6,8±0,2	6,6±0,2	6,7±0,2
Органічна речовина, %	1,9±0,4	2,1±0,4	3,3±0,5	1,5±0,3
Органічні речовини (що екстр. петрол. ефіром), мг/кг	< 50,0	< 50,0	< 50,0	< 50,0
Залізо, мг/кг	167,20±33,44	211,40±42,28	190,50±38,10	282,90±56,58
Кобальт, мг/кг	0,260±0,0676	0,410±0,107	0,220±0,0572	0,280±0,0728
Марганець, мг/кг	92,50±14,80	102,60±16,42	102,90±16,46	112,20±17,95
Хром, мг/кг	0,840±0,185	0,660±0,145	0,560±0,123	0,920±0,202

Оцінка токсичного забруднення донних відкладень проведена за результатами хімічних аналізів [20] та подальшого розрахунку показника забруднення (Z_c) [6]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1) \quad (1)$$

де K_c – коефіцієнт концентрації i -ої забруднюючої речовини:

$$K_c = C/C_\phi \quad (2)$$

C – фактичний вміст хімічної речовини в донних відкладеннях; C_ϕ – середня фоновая концентрація хімічної речовини в регіоні, або гранично допустима концентрація (ГДК) хімічних елементів (див. табл. 4); n – загальна кількість забруднюючих речовин, що контролюється.

За показником Z_c визначають інтегральний рівень забруднення донних відкладень, а отже отримати й відомості щодо вмісту токсичних елементів у водах досліджуваного водного об'єкту [6]. Слід відзначити, що за аналогічною методикою можна визначати техногенне навантаження й на ґрунтовий покрив.

Слід звернути увагу, що при використанні показника Z_c не враховується підпорядкування за класами гігієнічної шкідливості та сучасні розробки з токсикології хімічних елементів. Одна й та сама ступінь забруднення за Z_c може бути обумовлена різними забруднювачами [6].

Об'єднання хімічних елементів у групи для оцінки їх сумісної дії доцільно проводити на підставі подібності їх хімічних властивостей або токсикологічної шкідливості для живих організмів [6, 21].

Для визначення ступеня забруднення донних відкладень важкими металами користуються «Гео-класами», або «індексами геоаккумуляції» по Г. Мюллеру, які встановлюються згідно рівняння [6, 12]:

$$I_{geo} = \log_2(C_n / 1,5 \cdot B_n) \quad (3)$$

де C_n – виміряна концентрація елементу n у донних відкладеннях (фракції менше 0,020 мм); B_n – геохімічна фоновая

концентрація елементу n (визначається за даними спеціальних регіональних досліджень), множення її на коефіцієнт 1,5 проводиться для врахування природних флуктуацій [6].

«Індекси геоаккумуляції» по Г. Мюллеру надають можливість віднести донні відкладення до різних класів якості з урахуванням техногенного навантаження на водні екосистеми [6, 9].

Для оцінки співвідношення концентрацій забруднень у донних відкладеннях ($C_{дв}$) і у воді ($C_{вода}$), використовують коефіцієнт донної акумуляції (КДА):

$$КДА = C_{дв} / C_{вода} \quad (4)$$

Для характеристики процесів, що відбуваються у гідроекосистемах, використовують подібні коефіцієнти, які враховують здатність забруднюючих речовин до накопичення у донних відкладеннях та гідробіонтах [3, 6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

На жаль, на сьогодні нерегламентований вміст донних відкладень та відсутній єдиний державний фонд даних про фонові концентрації мікроелементів та сполук у донних відкладеннях водних об'єктів різного цільового призначення.

За результатами науково-практичних робіт, наприклад [6], відомо, що для тонкодисперсних відкладів характерний підвищений вміст органічного вуглецю, також переважно накопичують кобальт, залізо, марганець тощо.

Для порівняльної характеристики вмісту важких металів у донних відкладеннях використано величини гранично допустимої концентрації (ГДК), мг/кг з урахуванням фону (кларка) згідно з Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України № 1595 від 14.07.2020 р., а також допустимі концентрації з урахуванням короткострокової та довгострокової дії згідно з Загальними стандартами якості для поверхневих вод та осаду, опублікованими у червні 2000 р. в Урядовому

віснику *Staatscourant* Нідерландів (табл. 5) [23].

Аналіз табл. 5 свідчить про відсутність забруднення донних відкладень р. Чаплинка на відрізку її русла в районі розташування с. Кleshнівка та смт. Петриківка.

Токсичне забруднення донних відкладень відсутнє (з урахуванням принципів методики визначення показника забруднення (Z_c)).

Під час визначення концентрацій важких металів за Ігео-класами (по Г. Мюллеру) за відсутності відповідних даних про регіональні дослідження було зроблена заміна геохімічних фонових концентрацій мікроелементів у донних відкладеннях у підрахунках на ГДК, наведені в табл. 5. Результати розрахунків представлено нижче в табличній формі.

В переважній більшості випадків отримано наступне: Ігео-клас – 0; рівень забруднення важкими металами донних відкладів по Г. Мюллеру – незабруднені: техногенне навантаження на гідроекосистему – слабе (мало небезпечні); екологічна зона гідроекосистеми, клас стану донних відкладів – зона норми, задовільний (сприятливий) стан.

З урахуванням рекомендацій щодо вмісту марганцю в ґрунтовому покриву отримано переважно п'ятий Ігео-клас, який свідчить про сильно забруднені-надзвичайно забруднені важкими металами донні відклади, про суттєве (небезпечне) техногенне навантаження на гідроекосистему, про екологічну зону кризи і про дуже несприятливий стан донних відкладів. Однак слід зауважити, що за відсутності відповідних фонових концентрацій мікроелементів були використані ГДК для ґрунтів. Отримані результати досліджень свідчать про можливу загрозу забруднення ґрунтів марганцем у разі використання подібних донних відкладень в якості меліоранту для сільськогосподарських угідь, а тому потребує подальших досліджень оцінка рівня забруднення донних відкладень малої річки.

Оцінення екологічного статусу гідроекосистем виявило в переважній більшості

надзвичайну екологічну ситуацію (табл. 6). Існує суттєва загроза накопичення важких металів Fe, Mn у донних відкладеннях. Незважаючи на низьку загрозу забруднення донних відкладень Cr доволі строкатий хімічний склад поверхневих вод р. Чаплинка все ж таки свідчить про можливість настання й екологічної кризи для гідроекосистеми.

Слід зауважити, що в розрахунках використано результати лабораторних аналізів хімічного складу поверхневих вод та донних відкладень за різні часові проміжки.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для покращення санітарного та гідрологічного стану р. Чаплинка продовж 2017-2020 рр. поетапно відбувалось розчищення її русла. Внаслідок проведення днопоглиблювальних робіт мінеральний ґрунт з dna річки було складовано у тимчасові відвали. При цьому не передбачалось селективний розподіл донних відкладень та іншого мінерального ґрунту. Нажаль по закінченню днопоглиблювальних робіт частина тимчасових відвалів залишилась в прибережній смузі річки без закріплення багаторічними травами чи заліснення. Це згодом може призвести до повторного замулення русла малої річки. А отже й створення сприятливих умов для подальшої адсорбції важких металів з поверхневих вод донними відкладеннями.

Зменшення очікуваної ефективності від днопоглиблювальних робіт на р. Чаплинка можна пояснити значною зарегульованістю її русла. Більшість гідротехнічних споруд збудована або глухими, без пропускних споруд чи переливів, не законно для улаштування ставків з розведення риби, або зведені за давніх часів з урахуванням занадто великих витрат річкового стоку і, як наслідок, високих рівнів води. Додатковим нерегульованим і мало дослідженим чинником на сьогодні є вплив дренажного каналу.

Табл. 5. Результати визначення характеристики рівнів забруднення донних відкладів за Ігео-класами та техногенним навантаженням на водні екосистеми

Table 5. The results of determining the characteristics of the levels of pollution of sediments by igeo-classes and man-made load on aquatic ecosystems

Елемент	№ проби	Залізо Fe	Марганець Mn	Кобальт Co	Хром Cr
Фон елементу за даними [6]		4,72	850	19	90
ГДК у ґрунті з урахуванням фону, мг/кг		-	1500	5	6
Допустимі рівні (довгостроковий вплив)		-	-	9	100
Допустимі рівні (короткостроковий вплив)		-	-	19	380
Вміст C_n , мг/кг	1	167,2	92,5	0,26	0,84
	2	211,4	102,6	0,41	0,66
	3	190,5	102,9	0,22	0,56
	4	282,9	112,2	0,28	0,92
«Індекс геоаккумуляції» з урахуванням фонових концентрацій	1	7,11	0,02	0	0
	2	8,99	0,02	0	0
	3	8,10	0,02	0	0
	4	12,03	0,03	0	0
Ігео-клас з урахуванням фонових концентрацій	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	1	0	0	0
«Індекс геоаккумуляції» з урахуванням ГДК у ґрунті, мг/кг з урахуванням фону (кларка)	1	-	27842,5	0,26	1,01
	2	-	30882,6	0,41	0,79
	3	-	30972,9	0,22	0,67
	4	-	33772,2	0,28	1,11
Ігео-клас з урахуванням ГДК у ґрунті, мг/кг з урахуванням фону (кларка)	1	-	4,00	0	0
	2	-	5,00	0	0
	3	-	5,00	0	0
	4	-	5,00	0	0
«Індекс геоаккумуляції» з урахуванням допустимих рівнів (довгострокове цільове призначення)	1	-	-	0,47	16,86
	2	-	-	0,74	13,24
	3	-	-	0,40	11,24
	4	-	-	0,51	18,46
Ігео-клас з урахуванням допустимих рівнів (довгострокове цільове призначення)	1	-	-	0	0
	2	-	-	0	0
	3	-	-	0	0
	4	-	-	0	0
«Індекс геоаккумуляції» з урахуванням допустимих рівнів (короткострокове призначення)	1	-	-	0,99	64,05
	2	-	-	1,56	50,33
	3	-	-	0,84	42,70
	4	-	-	1,07	70,15
Ігео-клас з урахуванням допустимих рівнів (короткострокове призначення)	1	-	-	0	0
	2	-	-	0	0
	3	-	-	0	0
	4	-	-	0	0

Табл. 6. Результати оцінки екологічного статусу гідроєкосистеми на підставі розрахунку показників забруднення донних відкладів

Table 6. The results of the assessment of the ecological status of the hydroecosystem based on the calculation of indicators of pollution of bottom sediments

Проба води	Проба донних відкладень	Залізо Fe		Марганець Mn		Хром Cr	
		КДА	Критерій оцінки	КДА	Критерій оцінки	КДА	Критерій оцінки
смт. Магдалинівка, 25.10.2007	1	3344	н.е.с.	9250	н.е.с.	-	-
	2	4228	н.е.с.	10260	е.к.	-	-
	3	3810	н.е.с.	10290	е.к.	-	-
	4	5658	н.е.с.	11220	е.к.	-	-
с. Першотравенка, 1994	1	1672	н.е.с.	-	-	-	-
	2	2114	н.е.с.	-	-	-	-
	3	1905	н.е.с.	-	-	-	-
	4	2829	н.е.с.	-	-	-	-
смт. Петриківка, став, 03.06.2016	1	3344	н.е.с.	1850	н.е.с.	84	в.з.с.
	2	4228	н.е.с.	2052	н.е.с.	66	в.з.с.
	3	3810	н.е.с.	2058	н.е.с.	56	в.з.с.
	4	5658	н.е.с.	2244	н.е.с.	92	в.з.с.
с. Іванівка, 03.05.2020	1	3344	н.е.с.	1027.8	н.е.с.	84	в.з.с.
	2	4228	н.е.с.	1140	н.е.с.	66	в.з.с.
	3	3810	н.е.с.	1143.3	н.е.с.	56	в.з.с.
	4	5658	н.е.с.	1246.7	н.е.с.	92	в.з.с.
гірло, 03.05.2020	1	3344	н.е.с.	1850	н.е.с.	84	в.з.с.
	2	4228	н.е.с.	2052	н.е.с.	66	в.з.с.
	3	3810	н.е.с.	2058	н.е.с.	56	в.з.с.
	4	5658	н.е.с.	2244	н.е.с.	92	в.з.с.
гірло, 1994	1	557.3	в.з.с.	-	-	-	-
	2	704.7	в.з.с.	-	-	-	-
	3	635	в.з.с.	-	-	-	-
	4	943	в.з.с.	-	-	-	-

Примітка. «е.к.» – екологічна криза; «н.е.с.» – надзвичайна екологічна ситуація; «в.з.с.» – відносно задовільна ситуація.

Слід закріпити в структурі звітів з оцінки впливу на довкілля визначення хімічного складу донних відкладень, по перше, для попередження втрати цінного природного ресурсу, а по друге, для збору відомостей про фонові концентрації тих чи інших мікроелементів у донних відкладеннях, а отже й даних про техногенне навантаження на гідробіологічні системи.

На нашу думку, оцінення рівня забруднення донних відкладень доцільно проводити не лише шляхом співставлення концентрацій мікроелементів та сполук, але й з врахуванням різних інтегральних методик, які враховують сумарний вплив екотоксикантів. Наприклад, вважається,

що коефіцієнти донної акумуляції достатньою мірою характеризують рівень токсичного забруднення водної екосистеми в цілому, та відображають не випадкову ситуацію, а характеризують тривалу токсифікацію водного об'єкту.

Проведення достовірної оцінки стану гідроєкосистеми за коефіцієнтами накопичення забруднюючих речовин повинні враховувати дані спостережень за тривалий час з мінімальним періодом не менше трьох років, що свідчить за доцільність проведення подальших досліджень з моніторингу якісного складу донних відкладень малих річок з врахуванням антропогенного навантаження на водозбірні площі.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Bazrafshan E., Mostafapour F. K., Esmaelnejad M., Ebrahimzadeh G. R., Mahvi A. H.** Concentration of heavy metals in surface water and sediments of Chah Nimeh water reservoir in Sistan and Baluchestan province. Iran // *Desalination and Water Treatment*. 2015. 57(20). P. 9332-9342. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1027958>
2. **Kuriata-Potasznik A., Szymczyk S., Skwierawski A., Glińska-Lewczuk K., Cymes I.** Heavy Metal Contamination in the Surface Layer of Bottom Sediments in a Flow-Through Lake: A Case Study of Lake Symsar in Northern Poland // *Water*. 2016. 8(8). 358. <https://doi.org/10.3390/w8080358>.
3. **Feng C., Guo X., Yin S., Tian C., Li Ya., Shen Z.** Heavy metal partitioning of suspended particulate matter–water and sediment–water in the Yangtze Estuary // *Chemosphere*, 2017, 185. P. 717-725. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.075>.
4. **Luo M., Kang X., Liu Q., Yu H., Tao Ya., Wang H., Niu Yo., Niu Yu.** Research on the geochemical background values and evolution rules of lake sediments for heavy metals and nutrients in the Eastern China Plain from 1937 to 2017 // *Journal of Hazardous Materials*. 2022. 436, P. 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129136>.
5. **Fiedler M.** The Effects of Land Use on Concentrations of Nutrients and Selected Metals in Bottom Sediments and the Risk Assessment for Rivers of the Warta River Catchment. Poland // *Land*, 2021. 10(6). 589. <https://doi.org/10.3390/land10060589>.
6. **Клименко М. О., Залеський І. І., Бедункова О. О.** Просторовий розподіл якісних характеристик вмісту важких металів у донних відкладах річки Устя // *Вісник НУВГП*. 2016. № 3(75) С. 71-81. <http://ep3.nuwm.edu.ua/8755/1/Vs755.pdf.zax.pdf>
7. **Sun X., Fan D., Liu M., Tian Yu., Pang Yu., Liao H.** Source identification, geochemical normalization, and influence factors of heavy metals in Yangtze River Estuary sediment // *Environmental Pollution*. 2018. 241. P. 938-949. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.050>
8. **Saleem M., Iqbal J., Akhter G., Shah M. H.** Fractionation, bioavailability, contamination and environmental risk of heavy metals in the sediments from a freshwater reservoir, Pakistan // *Journal of Geochemical Exploration*. 2018. 184(A). P. 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.11.002>.
9. **Jaskuła J., Sojka M., Fiedler M., Wróżyński R.** Analysis of Spatial Variability of River Bottom Sediment Pollution with Heavy Metals and Assessment of Potential Ecological Hazard for the Warta River. Poland // *Minerals*. 2021. 11(3). 327. <https://doi.org/10.3390/min11030327>.
10. **Senze M., Kowalska-Górska M., Czyż K., Wondolowska-Grabowska A., Łuczyńska J.** Aluminum in Bottom Sediments of the Lower Silesian Rivers Supplying Dam Reservoirs vs. Selected Chemical Parameters // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021. 18. P. 131-170. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413170>
11. **Hao M., Zuo Q., Li J., Shi S., Li B., Zhao X.** A comprehensive exploration on distribution, risk assessment, and source quantification of heavy metals in the multi-media environment from Shaying River Basin // *China. Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022. 231. P. 113-190. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113190>.
12. **Molinarioli E., Sarretta A., de Souza Guimarães J.A., Botter M., Cassin D., Guerzoni S.** Relationship of Morpho-Sedimentological Variations to the Fate of Hg- and Zn-Polluted Sediments in the Contaminated Site of Porto Marghera. Lagoon of Venice. Italy // *Journal of Environmental Protection*. 2013. 4. P. 37-49. <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2013.44A006>
13. **El-Radaideh N., Al-Taani A. A., Al-Momani T., Tarawneh K., Batayneh A., Taani A.** Evaluating the potential of sediments in Ziqlab Reservoir (northwest Jordan) for soil replacement and amendment // *Lake and Reservoir Management*. 2013. 30(1). P. 32-45. <https://doi.org/10.1080/10402381.2013.870263>.
14. **Tarnawski M., Baran A., Koniarz T.** The effect of bottom sediment supplement on changes of soil properties and on the chemical composition of plants // *Geology, Geophysics, and Environment*. 2015. 41(3). 285. <https://doi.org/10.7494/geol.2015.413.285>.
15. **Kazberuk W., Szulc W., Rutkowska B.** Use Bottom Sediment to Agriculture—Effect on Plant and Heavy Metal Content in Soil // *Agronomy*. 2021. 11. 1077. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061077>.
16. **Maj K., Koszelnik P.** Methods of the management of bottom sediment // *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*,

2016, 63(2). P. 157–169.
<http://doi.prz.edu.pl/pl/pdf/biis/555>.

17. **Braga B. B., de Carvalho T. R. A., Brosinsky A., Foerster S., Medeiros P. H. A.** From waste to resource: Cost-benefit analysis of reservoir sediment reuse for soil fertilization in a semiarid catchment // *Science of The Total Environment*. 2019. 670. P. 158-169.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.083>.

18. **Чушкіна І. В., Максимова Н. М., Петрушина Г. О.** Проблемні аспекти днопоглиблювальних робіт на прикладі річки Чаплинка // Подолання екологічних ризиків і загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій. 2022: матеріали I Міжнародної наук.-практ. конф., 26–27 травня 2022 р. Полтава – Львів. Полтава: НУПП, 2022. С. 654-657.

19. **Коломойцева К. К., Чушкіна І. В., Максимова Н. М.** Відновлення сприятливого гідрологічного стану р. Чаплинка Дніпропетровської області // Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: матеріали VII Міжнар. Молод. конгрес, 10-11 лютого 2022р. Львів — Київ: Яроченко Я. В., 2022. С. 79.

20. **Звіт з оцінки впливу на довкілля планованої діяльності “Відновлення гідрологічного режиму та санітарного стану р. Чаплинка на території Іванівської селищної ради Петриківського району Дніпропетровської області – капітальний ремонт. Коригування” (реєстраційний номер справи про оцінку впливу на довкілля планованої діяльності 2020565757).** Дніпро, 2020. 151 с.

21. **Yu Z., Liu E., Lin Q., Zhang E., Yang F., Wei C., Shen J.** Comprehensive assessment of heavy metal pollution and ecological risk in lake sediment by combining total concentration and chemical partitioning // *Environmental Pollution*. 2021. 269. P. 116-212.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116212>.

22. **Muller G.** Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins. Veränderungen seit // *Umschau*. 1979. 79. P. 778-783.

23. **Warmer H., van Dokkum R.** Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001. RIZA. 2002. 9. 77.
https://www.helpdeskwater.nl/public/pages/130142/riza_2002_009_water_pollution_control_in_the_netherlands.pdf.

REFERENCES

1. **Vazrafshan, E., Mostafapour, F. K., Esmaelnejad, M., Ebrahimzadeh, G. R., &**

Mahvi, A. H. (2015). The concentration of heavy metals in surface water and sediments of Chah Nimeh water reservoir in Sistan and Baluchestan province. *Desalination and Water Treatment*, 57(20), 9332-9342.
<https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1027958>

2. **Kuriata-Potasznik, A., Szymczyk, S., Skwierawski, A., Glińska-Lewczuk, K., & Cymes, I. (2016).** Heavy Metal Contamination in the Surface Layer of Bottom Sediments in a Flow-Through Lake: A Case Study of Lake Symsar in Northern Poland. *Water*, 8(8), 358.
<https://doi.org/10.3390/w8080358>.

3. **Feng, C., Guo, X., Yin, S., Tian, C., Li, Ya., & Shen, Z. (2017).** Heavy metal partitioning of suspended particulate matter–water and sediment–water in the Yangtze Estuary, *Chemosphere*, 185, 717-725.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.075>.

4. **Luo, M., Kang, X., Liu, Q., Yu, H., Tao, Ya., Wang, H., Niu, Yo., & Niu, Yu. (2022).** Research on the geochemical background values and evolution rules of lake sediments for heavy metals and nutrients in the Eastern China Plain from 1937 to 2017. *Journal of Hazardous Materials*, 436, 129-136.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129136>.

5. **Fiedler, M. (2021).** The Effects of Land Use on Concentrations of Nutrients and Selected Metals in Bottom Sediments and the Risk Assessment for Rivers of the Warta River Catchment. *Land*, 10(6), 588.
<https://doi.org/10.3390/land10060589>.

6. **Klymenko, M. O., Zaleskyi, I. I. & Bedunkova, O. O. (2016).** Spatial distribution of qualitative characteristics of the content of heavy metals in bottom sediments of the Ustya River. *Bulletin of the NUWEE*, 3(75), 71-81 [in Ukrainian].
<http://ep3.nuwm.edu.ua/8755/1/Vs755.pdf.zax.pdf>

7. **Sun, X., Fan, D., Liu, M., Tian, Yu., Pang, Yu., & Liao, H. (2018).** Source identification, geochemical normalization, and influence factors of heavy metals in Yangtze River Estuary sediment. *Environmental Pollution*, 241, 938-949.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.050>

8. **Saleem, M., Iqbal, J., Akhter, G., & Shah, M. H. (2018).** Fractionation, bioavailability, contamination and environmental risk of heavy metals in the sediments from a freshwater reservoir. *Journal of Geochemical Exploration*, 184,

- 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.11.002>.
9. Jaskuła, J., Sojka, M., Fiedler, M. & Wróżyński, R. (2021). Analysis of Spatial Variability of River Bottom Sediment Pollution with Heavy Metals and Assessment of Potential Ecological Hazard for the Warta River. *Minerals*, 11(3), 327. <https://doi.org/10.3390/min11030327>.
10. Senze, M., Kowalska-Góralaska, M., Czyz, K., Wondolowska-Grabowska, A. & Łuczyńska, J. (2021). Aluminum in Bottom Sediments of the Lower Silesian Rivers Supplying Dam Reservoirs vs. Selected Chemical Parameters. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 131-170. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413170>
11. Hao, M., Zuo, Q., Li, J., Shi, S., Li, B., & Zhao, X. (2022). A comprehensive exploration on distribution, risk assessment, and source quantification of heavy metals in the multi-media environment from Shaying River Basin. *China. Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113-190. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113190>.
12. Molinaroli, E., Sarretta, A., de Souza Guimarães, J.A., Botter, M., Cassin, D. & Guerzoni, S. (2013) Relationship of Morpho-Sedimentological Variations to the Fate of Hg and Zn-Polluted Sediments in the Contaminated Site of Porto Marghera. Lagoon of Venice. Italy. *Journal of Environmental Protection*. 4. P. 37-49. <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2013.44A006>
13. El-Radaideh, N., Al-Taani, A. A., Al-Momani, T., Tarawneh, K., Batayneh, A. & Taani A. (2013). Evaluating the potential of sediments in Ziqlab Reservoir (northwest Jordan) for soil replacement and amendment. *Lake and Reservoir Management*, 30(1), 32-45. <https://doi.org/10.1080/10402381.2013.870263>.
14. Tarnawski, M., Baran, A. & Koniarz, T. (2015). The effect of bottom sediment supplement on changes of soil properties and on the chemical composition of plants. *Geology, Geophysics, and Environment*, 41(3), 285. <https://doi.org/10.7494/geol.2015.413.285>.
15. Kazberuk, W., Szulc, W. & Rutkowska, B. (2021). Use Bottom Sediment to Agriculture—Effect on Plant and Heavy Metal Content in Soil. *Agronomy*, 11, 1059-1077. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061077>.
16. Maj, K. & Koszelnik, P. (2016). Methods of the management of bottom sediment. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*, 63(2), 157–169. <http://doi.prz.edu.pl/pl/pdf/biis/555>.
17. Braga, B. B., de Carvalho, T. R. A., Brosinsky, A., Foerster, S., & Medeiros, P. H. A. (2019). From waste to resource: Cost-benefit analysis of reservoir sediment reuse for soil fertilization in a semiarid catchment. *Science of The Total Environment*, 670, 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.083>.
18. Chushkina, I. V., Maksimova, N. M. & Petrushina, G. O. (2022). Problematic aspects of dredging works on the example of the Chaplinka River. Overcoming environmental risks and threats to the environment in emergency situations. *Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference*, 654-657 [in Ukrainian].
19. Kolomoitseva, K. K., Chushkina, I. V. & Maksimova, N. M. (2022). Restoration of the favorable hydrological condition of the Chaplinka River in the Dnipropetrovsk region. Sustainable development: environmental protection. *Materials of the VII International Young congress*, 79-80 [in Ukrainian].
20. Report on the environmental impact assessment of the planned activity "Restoration of the hydrological regime and sanitary condition of the Chaplinka River on the territory of the Ivanivka settlement council of Petrykiv district of the Dnipropetrovsk region - major repair. Adjustment" (registration number of the case on environmental impact assessment of the planned activity 2020565757). (2020). 151 [in Ukrainian].
21. Yu, Z., Liu, E., Lin, Q., Zhang, E., Yang, F., Wei, C., & Shen, J. (2021). Comprehensive assessment of heavy metal pollution and ecological risk in lake sediment by combining total concentration and chemical partitioning, *Environmental Pollution*, 269, 116-212. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116212>.
22. Muller, G. (1979). Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins. Veränderungen seit. *Umschau*, 79, 778-783.
23. Warmer, H. & van Dokkum, R. (2002). Water pollution control in the Netherlands. *Policy and practice 2001*, 9, 72-77. https://www.helpdeskwater.nl/public/pages/130142/riza_2002_009_water_pollution_control_in_the_netherlands.pdf.

**Impact of dredging on the environmental state of a small river
with considering the composition of bottom sediments**

Iryna Chushkina, Nataliia Maksymova, Iryna Semeniaka

Abstract. Reports on the environmental impact assessment of planned activities aimed at restoring the hydrological regime and sanitation of rivers do not always pay attention to in-depth analysis of the physicochemical composition of bottom sediments. The silt deposits have proven to be a good ameliorant for agricultural lands, provided they are of satisfactory quality. Bottom sediments, especially their fine alluvial fraction, accumulate various compounds and trace elements, including heavy metals. Analysis of the content of iron Fe, manganese Mn, cobalt Co, chromium Cr and determination of the integrated level of contamination of bottom sediments did not reveal their toxic contamination in the area of the village Kleshnivka and the village Petrykivka. Determination of "geoaccumulation indices" by G.M. Mueller allowed to classify the sediments of the Chaplinka River as unpolluted, and the man-caused load on the hydroecosystem as low. In compliance with the recommendations on the content of Mn grades in the soil cover of the obtained fifth Igeoclass, which provides heavy pollution and significant man-caused load on the hydroecosystem. To characterize the processes occurring in the hydroecosystem of the Chaplynka River, the bottom accumulation coefficient was calculated. The assessment of the ecological status of hydroecosystems revealed an overwhelming ecological emergency. There is a significant threat of deposits of iron Fe, manganese Mn in bottom sediments. Despite the low risk of contamination of bottom sediments with chromium Cr, the risk will increase due to the rather variable chemical composition of surface waters, and hence the possibility of an ecological crisis for the hydroecosystem. The sanitary condition of a small river could be improved by restoring its hydrological regime. The decrease in the efficiency of dredging works is related to the regulation of the riverbed. In the vast majority of cases, hydraulic structures are not provided for or do not correspond to the current level regime of watercourses. After clearing the river bed, there is a danger of their secondary silting, due to the abandonment of part of the temporary dumps on the banks within the water protection zones without fixing.

Keywords: small rivers, bottom sediments, toxic pollution, geoaccumulation indices, bottom accumulation coefficient, over-regulation flow, dredging works

Стаття надійшла до редакції 11.07.2022