

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2025.2.2>

УДК 504.4.054:556.51+574

**Іванова Н.О.**

*Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна*

## **ЗМІННІСТЬ ВМІСТУ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У ВОДІ СТАВКІВ І РІЧКОВИХ ДІЛЯНОК МІЖ НИМИ В МЕЖАХ МІСТА ПІД ВПЛИВОМ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ**

*В статті узагальнено та проаналізовано дані натурних досліджень 2023-2025 рр. щодо вмісту завислих речовин (ЗР) у воді ставків і залишкових ділянок малої річки (струмка) Горіхуватка (Оріховатка) в межах її виходу на поверхню в НПП «Голосіївський». Досліджено кореляційні взаємозв'язки між абіотичними умовами на двох кінцевих ділянках досліджуваного об'єкту, а також проаналізовано просторові та часові зміни вмісту у воді завислих речовин. В середньому вміст у воді завислих речовин складав  $21,5 \text{ мг/дм}^3$ , коливаючись від  $3,2$  до  $57,5 \text{ мг/дм}^3$  за весь період спостережень. Визначено, що на кількість і склад ЗР впливають як природні, так і антропогенні фактори, а саме загальні кліматичні зміни, часткова урбанізація водозбору, рекреаційне навантаження в прибережній зоні, локальна фрагментація і гідроморфологічні зміни водного об'єкту. Порушення континуальності річки через створення ставків призвело до змінності умов, зокрема до значної різниці у складі завислих речовин і до різної реакції показника на надходження поверхневого стоку після інтенсивних злив у теплий період року.*

**Ключові слова:** *завислі речовини, довгострокові зміни, абіотичні фактори функціонування водних екосистем, Горіхуватські ставки, мала річка, урбанізація.*

**Вступ.** Антропогенне перетворення ландшафтів, зокрема активна забудова міського простору, в межах водозборів впливають на гідрологічний режим та особливості функціонування малих водних об'єктів, а саме на витрати води, максимальний та мінімальний стік [17, 18], рівневий режим, гідрохімічні та гідрофізичні характеристики водних мас, серед іншого й вміст завислих у воді речовин (ЗР) [19, 21, 23]. В свою чергу довгострокові зміни даного показника можуть мати кумулятивний вплив на водні екосистеми через механізм транспортування забруднювачів і поживних речовин, зокрема флокуляцію, адсорбцію та колоїдну дію [24, 26].

Для багатьох водних об'єктів на урбанізованій території основними джерелами надлишкового забруднення, викликаного антропогенною діяльністю, є неочищений поверхневий стік із водозбірної басейну. Це може бути як безпосередній скид стічних вод з підприємств і домогосподарств у водний об'єкт, так і надходження з каналізаційно-дренажної системи. Вторинне забруднення води різноманітними хімічними речовинами можливе за сприятливих для цього умов за рахунок донних відкладів, у складі яких протягом багатьох років відбувається їхня акумуляція. Наприклад, вивільнення біогенних елементів з них сприяє додатковому навантаженню поживними речовинами на водні екосистеми, що в свою чергу призводить до підвищення рівня евтрофікації [7].

Евтрофікація, інтенсифікація стоку з водонепроникних поверхонь водозбору і прибережної зони, скаламучування донних відкладів та процеси седиментації у ставках, на каскади яких часто перетворюють малі річки в межах міста, взаємопов'язані з динамікою вмісту завислих у воді речовин (зависей), що є важливим абіотичним фактором для життєдіяльності гідробіонтів. Наприклад, для деяких видів риб критичним є підвищення вмісту ЗР більше  $25 \text{ мг/дм}^3$ , або різке перевищення фону на  $5 \text{ мг/дм}^3$  [15].

**Аналіз виконаних досліджень за означеною темою.** Огляд наукових публікацій показує, що в останнє десятиліття значно виріс інтерес до висвітлення проблеми стану екосистем малих водних об'єктів на урбанізованій території та управління ними [22, 25]. Враховуючи глобальну зміну клімату та локальну урбанізацію важливо досліджувати як фактори впливу, так і динаміку абіотичних і біотичних складових гідроекосистем. Наприклад, ще мало накопичено інформації про взаємозв'язок між гідроперіодом (наявність

і частота повеней) і біорізноманіттям для міських водно-болотних угідь і ставків, що може перешкоджати прийняттю доцільних управлінських рішень, оскільки саме на водний режим найбільше впливає діяльність людини. Як правило ставки в місті вже мають теплішу воду та підтримують види, адаптовані до цих умов. Тому угруповання у водних об'єктах міста можуть потенційно сприяти адаптації до зміни клімату [25].

Зазначається також, що зміна клімату впливає на сольовий склад вод і співвідношення його компонентів. Зокрема в подальшому у водних об'єктах зростатиме концентрація як алохтонних органічних речовин, наприклад, внаслідок вимивання з ґрунтів при збільшенні інтенсивності опадів, так і автохтонних через евтрофікацію [20].

Активна урбанізація також сприяє розвитку «сірої» інфраструктури (дренажні системи, водостічні жолоби), що призводить до порушення природного кругообігу води, забруднення вод і зменшення обсягу регулюючих екосистемних послуг (інфільтрація, затримка води, підтримка біорізноманіття), які може надавати «блакитна» інфраструктура (природні водні об'єкти) в місті [22].

За різними джерелами [4, 11] в м. Києві налічується від 417 до 426 водних об'єктів. Кількість їх змінна переважно через діяльність людини. Хоча постійного моніторингу стану малих водних об'єктів в межах Києва не проводиться, але є чисельні публікації, що стосуються як окремих аспектів і складових гідроекосистем, так і узагальнюючі праці [4-6], серед іншого серія монографій під загальною назвою «Екологічний стан урбанізованих заплавної водойми» (оновл. «стан водних об'єктів урбанізованих територій») про озеро Видубицьке (2007 р.), затоку Берковщину (2009 р.), затоку Осокорки (2011 р.), озера системи Опечень (2023), водойми острова Галерний (2024 р.) та інше, започаткована В.М. Тімченком і продовжена П.М. Линником та С.С. Дубняком та колективом авторів у Інституті гідробіології НАН України.

**Метою роботи** є узагальнення даних натурних досліджень щодо вмісту завислих речовин, аналіз сезонної та міжрічної змінності їх складу та концентрації у воді, а також пошук зв'язку із зовнішніми факторами впливу на стан гідроекосистеми ставків та річкових ділянок р. Горіхуватки у межах Національного природного парку (НПП) «Голосіївський», м. Київ.

**Матеріали та методи дослідження.** Проби води для аналізу відбирали впродовж 2023-2025 рр. з поверхневого шару на станціях, розташованих на Горіхуватських ставках і річкових ділянках між ними у межах НПП «Голосіївський», м. Київ (рис. 1). Загальна довжина річки Горіхуватки (Оріховатки) складає біля 4,6 км, з яких 2,5 км потік знаходиться під землею. Тут облаштовано 4 (раніше 5) Горіхуватських ставків. Мала річка, яка за довжиною може вважатися струмком, є останньою значною правою притокою Либеді й після свого початку в колекторі від вулиці Васильківська, виходить на денну поверхню у Голосіївському парку за Голосіївським проспектом.

В даному дослідженні ділянку верхнього в каскаді ставка, який наразі повністю занесений наносами і заріс деревною рослинністю, вважаємо ділянкою № к-1, далі ставок №1(2), ставок № 2 (3), залишкова ділянка річки 2-3, ставок № 3 (4), залишкова ділянка річки 3-4, ставок №4 (5) (див. рис.1). Більш детальну характеристику об'єкту з описом змін надано нижче.

Вибір для дослідження ставків і залишкових ділянок Горіхуватки пояснюється їх розташуванням у найбільшій природоохоронній території (ПОТ) загальнодержавного значення в межах міста. За оцінками фахівців [3] загальна вартість екосистемних послуг НПП «Голосіївський» складає щонайменше 76,7 млрд. грн щороку, більшість з яких становлять регулюючі послуги (стабілізація ґрунту, формування мікроклімату та інші). Водночас територія парку розташована в пішохідній досяжності від великих житлових масивів, які за останні роки зазнали ущільнення забудови, а це зумовило й підвищення рекреаційного навантаження на наземні та водні екосистеми навколо. Ще в 2019 р. науковці [13] зазначали, що тиск процесів урбанізації навколо ПОТ і складність регулювання рекреаційних потоків призводять до спрощення структури біоценозів, руйнування усталених екосистемних зв'язків, синантропізації окремих видів та збіднення біорізноманіття. На території НПП є декілька систем ставків (Дідорівські, Китаївські, Горіхуватські), але саме Горіхуватські розташовані найближче до дорожно-транспортної інфраструктури та житлової забудови і зазнають більшого антропогенного навантаження,

що підтверджують останні дослідження вмісту у воді ставків нафтопродуктів, важких металів й аніонних синтетично-активних поверхневих речовин [6,16].

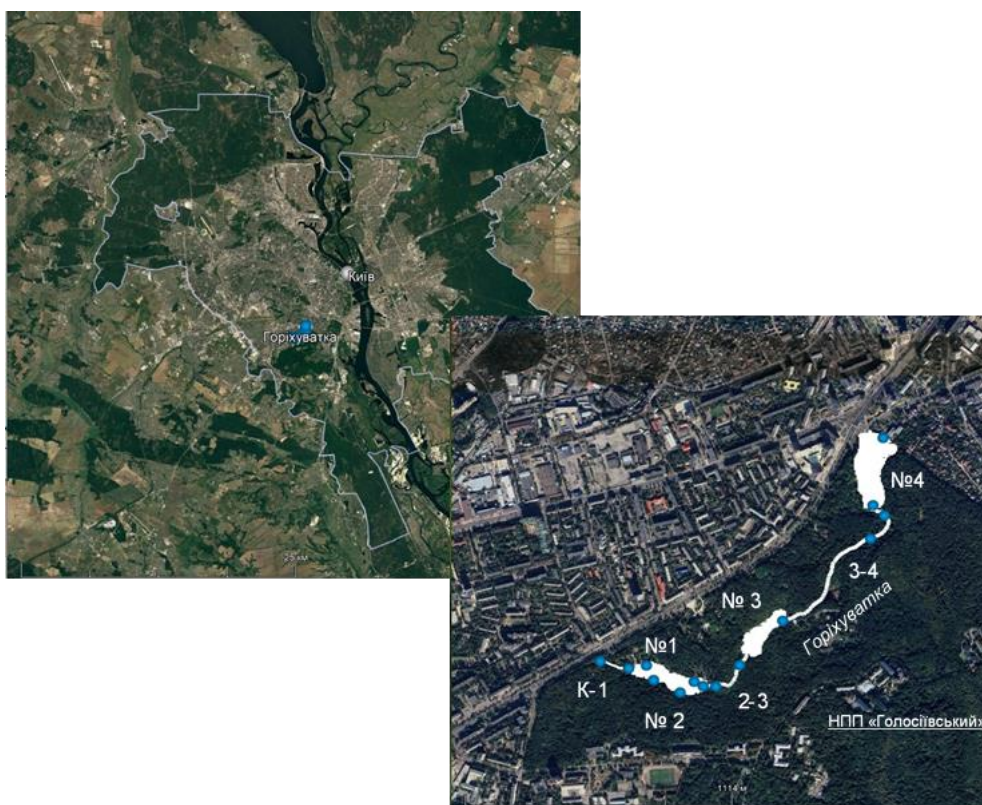


Рис. 1. Розташування Горіхуватських ставків і залишкових ділянок річки із позначенням станцій натурних досліджень (за доп. Google Earth Pro)

Кількість завислих речовин визначали методом фільтрації із використанням беззолних фільтрів за різницею між масою пустого та фільтра із зависсю, просушеного в сушильній шафі. Для визначення співвідношення органічної (ОЗР) та мінеральної (МЗР) часток у завислих речовинах фільтри прожарювали у закритих фарфорових тиглях при температурі 450-550 °С і зважували. Отриману масу завислих речовин перераховували на об'єм відібраної проби води.

Для пошуку взаємозв'язків в пробі води на місці також визначали гідрофізичні та гідрохімічні показники (температуру води (Т, °С), рН, вміст розчиненого кисню (DO, мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) та його насичення (DO, %), загальну мінералізацію (TDS, мг/дм<sup>3</sup>) та електропровідність (CON, uS) води) за допомогою мультифункціонального приладу AZ-8603. Кількість опадів (Р, мм) та інші метеорологічні дані брали з відкритих джерел [9]. Гідрологічні умови і перші результати описані також в попередніх публікаціях [1, 2, 8, 12]. Для дослідження взаємозв'язків було використано кореляційний аналіз Спірмена, виконаний у програмі Past.

**Виклад основного матеріалу.** Природньо річка (струмок) Горіхуватка формувалась у межах вільхового болота, залишки якого можна спостерігати вздовж річкової ділянки 3-4 між двома нижніми ставками (рис. 2, а). Горіхуватські ставки займають розширені місця балки й скоріш за все були створені в 1950-1960-х роках при закладенні Голосіївського лісопарку, проект якого було розроблено в 1960-му році під керівництвом І.Д. Родичкіна. Вони стали композиційною віссю парку ім. Рильського, що наразі входить до території НПП «Голосіївський». Цікаво, що в проектній документації згадується каскад саме із 4, а не 5 ставків.

Після виходу з колектору з-під Голосіївського проспекту (рис. 2, б) Горіхуватка тече бетонними «лотками», після чого впадає в «ставок», який в попередніх публікаціях виділяли окремо [2], але наразі позначаємо як частину ділянки к-1 – від колектору до ставка 1(2) (див. рис. 1). Скоріш за все цей «ставок» було створено пізніше за основний каскад з метою

перехоплення і очистки стоку, який надходить колектором. За інформацією Інституту водних проблем і меліорації НААН України його проєкт було розроблено в 1990-х роках і він мав функціонувати як частина очисних споруд. За даними дистанційного зондування землі ще в 2004 р. площа цього «ставка» становила 1,57 тис. м<sup>2</sup>, а вже в 2009 р. скоротилась на 80%. В 2010-2012 рр. біля північного берега виділявся півострів із заболоченою ділянкою, зарослою молодим верболозом та вищою водяною рослинністю [2]. Наразі цей півострів зайняв майже всю територію водойми, а основна маса води в меженний період проходить вздовж правого берега замуленого ставка і фактично є річковою мілководною ділянкою, а вздовж лівого утворилася заболочена заросла переважно очеретом звичайним (*Phragmites australis*) територія, куди вода потрапляє лише під час інтенсивних злив.



**Рис. 2. Фото залишків вільхового болота на ділянці 3-4 (а) та початку ділянки к-1 (авт. Іванова Н.О., 2024 р.)**

Ділянку к-1 та ставок № 1 розділяє дамба з трубою в тілі, через яку відбувається стік води. Серед існуючих ставок № 1 є найбільш замуленим – у верхній його частині з 2011-2012 рр. відмічається активне формування відмілин, які на сьогодні перетворились на зарослий повітряно-водяною рослинністю півострів, що займає близько 12% площі ставка. Через це основний стік з ділянки к-1 направлений вздовж правого берега, а біля лівого формується застійна зона.

Ставки №1 та №2 розділені тільки насипною одамбованою греблею. В ставку № 2 відсутні помітні процеси мулонакопичення. Далі вода через переливну гідроспоруду потрапляє на річкову ділянку 3-4, яка закінчується ставком № 3. Це єдиний ставок, який межує з двома умовно природними річковими ділянками. Останній найбільший ставок № 4, який ще називають Голосіївським [5], обмежений греблею і далі (біля дитячої поліклініки по вул. Голосіївська) потік знов опиняється в колекторі діаметром 1,2 м, по якому власне тече до впадіння в річку Либідь біля вул. Саперно-Слобідська.

За даними [2,12] та натурними дослідженнями розміри Горіхуватських ставок поступово збільшуються з наближенням до гирла: довжина – від 126 до 375 м, середня ширина – від 47 до 62 м, середня глибина – 1,10-2,44 м. Площа акваторії ставок становить

5,90-23,3 тис. м<sup>2</sup>, об'єм води – 6,40-56,7 тис. м<sup>3</sup>, Глибини до 2 м займають від 36 до 100% площі ставків, при чому максимальна глибина не перевищує 4,0 м (рис. 3).

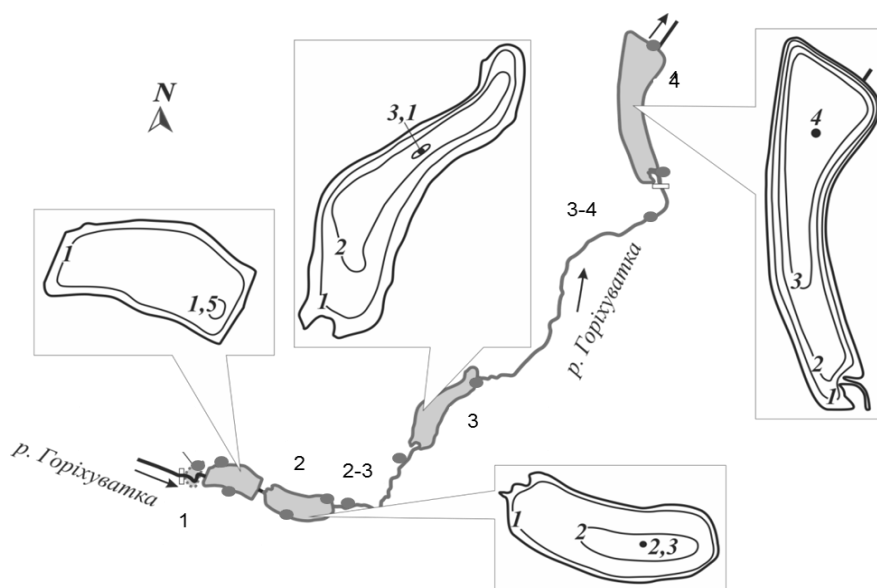


Рис. 3. Схема розташування станцій відбору проб вздовж річки Горіхуватка в межах її виходу на поверхню із зазначенням схем ізобат основних ставків (за матеріалами [2, 12])

Річкові ділянки, на відміну від ставків, зберегли природні морфометричні характеристики, але глибини та стік води тут залежать зокрема від штучного регулювання рівня води у ставках та природних умов. Наприклад, на річковій ділянці між ставками №2 та 3 в літній період 2023 та 2024 рр. відмічалась відсутність течії, хоча за показником похилу вільної поверхні цю ділянку можна віднести до швидкотоків, адже загальний перепад висот складає близько 3 м. Тому в публікації [1] нами було відмічено, що розрахунок гідравлічних характеристик потоку підтверджує порушення екологічного континууму р. Горіхуватка в межах її виходу на поверхню через трансформацію гідрологічного режиму в просторово-часовому аспекті.

Порушення ценотичного континууму Горіхуватки також встановлено за дослідженнями зооперефітону [10] та зообентосу [14], які були проведені одночасно з дослідженнями гідрологічного режиму в 2023-2024 рр. Зокрема встановлено, що не зважаючи на різні субстрати та умови зооперефітон ставка № 2, річкової ділянки 2-3 та ставка № 3 подібні за токсеномічним складом, але значно відрізняються від ставка № 4 та ділянки 3-4 [10]. Найвище значення індексу Шенона для макрозообентосу становило 3,59 влітку в ставку № 4, а на решті ділянок показник був нижчим через збіднений видовий склад. До речі влітку відмічена дещо вища подібність між станціями, ніж взимку [14]. За дослідженнями різних водойм м. Києва також відзначено, що найбільш суттєвим антропогенним впливом, який погіршує склад макрофауни, є штучна зміна морфометричних характеристик водних об'єктів [6].

Зміна морфометричних характеристик впливає і на особливості абіотичних умов у водних об'єктах, зокрема на кількість завислих у воді речовин. Наприклад, у водотоках через збільшення швидкості течії при незначній глибині можуть переважати процеси скаламучування донних відкладів. У водоймах же переважають седиментаційні процеси, а надходження з донних відкладів ЗР відбувається лише у мілководній зоні при дії хвиль.

Водночас для Горіхуватки через особливості рельєфу та ґрунтів Голосіївського лісу, найбільш поширеними з яких є темно-сірі лісові [6], слід очікувати можливого підвищення завислих у воді речовин як наслідок їх надходження з прибережної зони, що має значний ухил вздовж правого берега ставків № 1,2, вздовж річкової ділянки 2-3 та ставка № 3.

На рис. 4 представлено просторову та сезонну динаміку кількості завислих у воді речовин за результатами натурних досліджень в 2023-2025 рр. В середньому вміст у воді завислих речовин складав 21,5 мг/дм<sup>3</sup>, коливаючись від 3,2 до 57,5 мг/дм<sup>3</sup> за весь період

спостережень. Цікаво, що обидва граничні значення спостерігались на різних станціях у липні 2023 р (рис. 4,а).

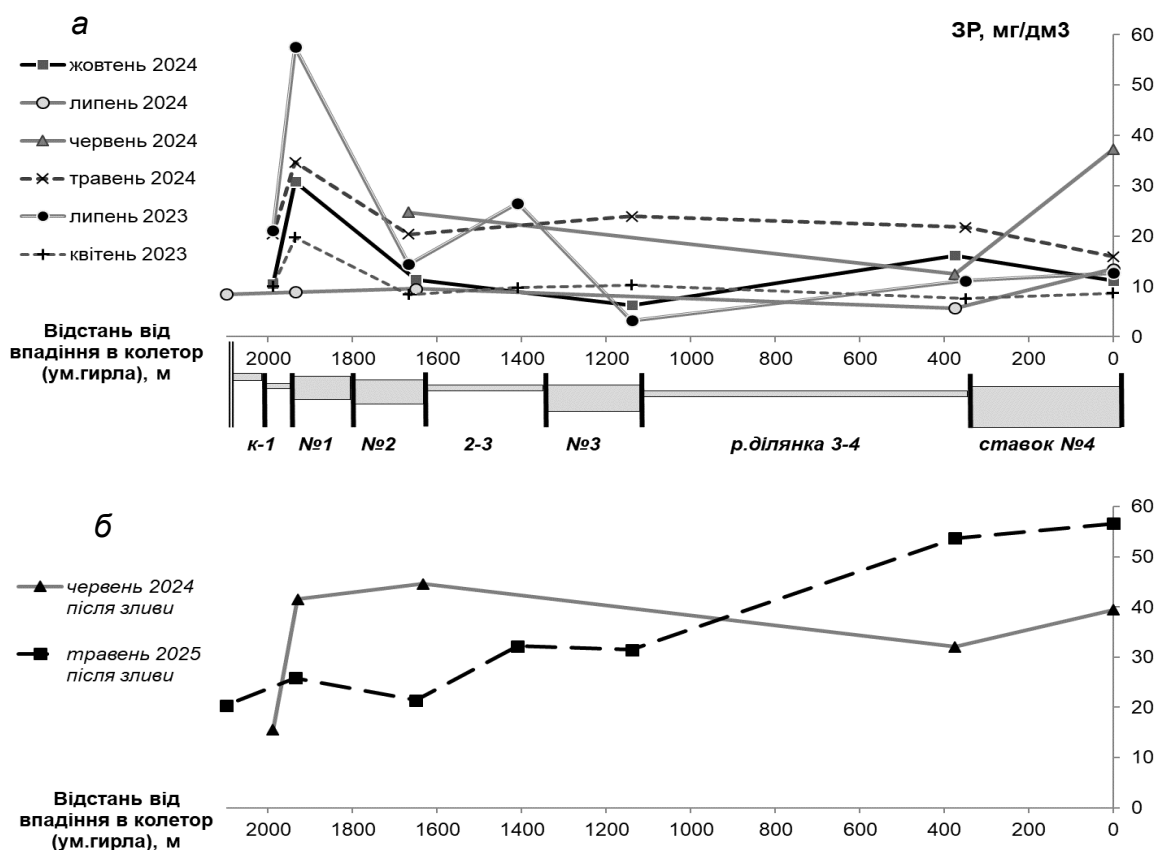


Рис. 4. Просторова та часова динаміка кількості завислих речовин за даними натурних спостережень на ставках та річкових ділянках Горіхуватки без впливу опадів (а) та на наступну добу після зливи (б)

Для визначення впливу опадів на значення показника двічі було відібрано проби на наступну добу після зливи. Відмітимо, що розподіл на різних ділянках відрізнявся (рис. 4,б), що окрім іншого може бути викликано різною інтенсивністю дощу. За даними [9] в червні 2024 року випало майже вдвічі більше опадів, ніж в травні 2025 р. Можливо, це вплинуло на характер змиву з водозбірної території і таким чином відобразилось на вмісті завислих речовин у воді ставків і річкових ділянок.

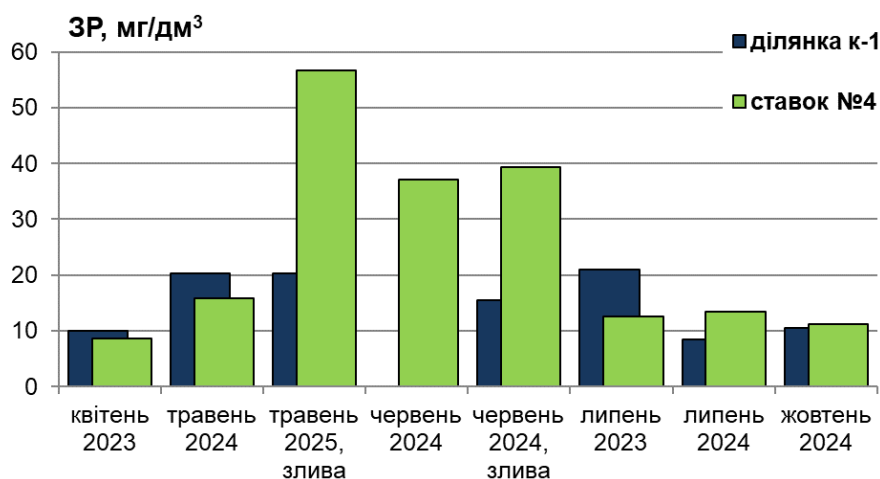
За нормальних умов відмічається сезонна змінність показника – влітку в середньому кількість завислих речовин становить 18,3 мг/дм<sup>3</sup>, навесні – 16,7 мг/дм<sup>3</sup>, восени – 14,4 мг/дм<sup>3</sup>. Якщо враховувати результати після зливи, то середні показники навесні та влітку майже зрівнюються – 22,6 та 22,4 мг/дм<sup>3</sup>.

Під час спостережень найбільша кількість ЗР відмічалась переважно на ставках № 1 та 4 (див. рис. 4,а). Але, наприклад, в травні та жовтні 2024 р. значення показника зменшується в нижній частині останнього ставка № 4 у порівнянні зі значенням наприкінці ділянки 3-4. Можливо це пов'язано із переважанням в цей час седиментаційних процесів у ставку й меншим розвитком фітопланктону.

Також на розвиток фітопланктону та кількість завислих речовин впливає розміщення неподалік автошляхів через перенесення дрібнодисперсних часточок пилу під час руху транспорту в суху погоду та зі змивами з поверхні доріг речовин-забруднювачів. Визначено [6, 16], що найсильніше вказані чинники впливають на біотичні та абіотичні складові екосистеми ставка № 4 (т.з. нижнього Горіхуватського, або Голосіївського), найменше – ставка № 3, який з каскаду найбільш віддалений від автошляху та оточений бар'єром із макрофітів і рослин в прибережній смузі. Отже скоріш за все сезонна динаміка вмісту ЗР на

Горіхуватських ставках серед іншого обумовлена розвитком фітопланктону і впливом антропогенних факторів.

Для визначення можливого впливу зовнішніх факторів порівняли одночасно виміряну кількість завислих речовин на крайніх ділянках – при виході з колектору річки біля проспекту Голосіївський (к-1) та перед її поверненням у колектор у нижній частині ставка №4 (рис. 5). За весь період спостережень співвідношення значень показника у кінці до початку виходу Горіхуватки на денну поверхню становило 0,6-2,5. Найбільшою різниця між значенням була у травні та червні після інтенсивних опадів, а найменшою – в жовтні та квітні (див. рис. 5).



**Рис. 5. Порівняння кількості завислих речовин у воді на двох крайніх ділянках р. Горіхуватка в межах її виходу на денну поверхню**

Склад завислих речовин у воді на цих двох крайніх ділянках змінювався в залежності від умов (рис. 6). На крайній верхній ділянці МЗР складала 29,9-71,2% завислих речовин (в середньому 51,1%), підвищуючись до 70% і вище влітку. При чому після інтенсивних опадів мінеральна частка ЗР зменшується. Хоча, певно, під час надходження зливого стоку, загальна кількість завислих речовин різко підвищиться. Такі зміни можна пояснити аллохтонним походженням часток, що змиваються з непроникних поверхонь урбанізованої частини водозбору, розташованої вище за місце відбору проб.

Як видно з рис. 6 у нижньому ставку № 4 майже постійно переважає органічна частка ЗР, середнє значення якої становить 66 %. Лише в травні, на наступну добу після зливи, спостерігалось різке зростання мінеральної частки до 76%. Одночасне зростання загальної концентрації ЗР до 56,6 мг/дм³ (див. рис. 5) є наслідком надходження твердих часток із водозбірної площі. Такий короткочасний, але інтенсивний притік алохтонного матеріалу свідчить про обмежений час для здійснення седиментаційних процесів у водоймі. Як наслідок, ефективність механізмів природного самоочищення може значно знижуватись та погіршуються умови життєдіяльності гідробіонтів. Для визначення можливих взаємозв'язків між вмістом завислих у воді речовин та іншими абіотичними складовими водної екосистеми (температура води, рН, вміст розчиненого кисню, загальна мінералізація) було проаналізовано показники води, представлені в табл. 1. Окрім цього враховувались середньомісячна температура повітря та кількість опадів. За цими даними побудовано дві кореляційні матриці для визначення змінності зв'язку на різних ділянках (рис. 7)

І в ставку, і на верхній ділянці Горіхуватки є сильний зв'язок між температурою води й повітря, але через різність гідроморфологічних умов ділянок значення децю різняться (див. рис. 7). Також в обох матрицях відзначено достовірний зв'язок між кількістю завислих речовин (ЗР) та органічною їх часткою (ОЗР). Зв'язок між кількістю опадів та кількістю ЗР у воді відмічається тільки для ділянки к-1. Цікаво також, що є значний зворотній зв'язок між температурою повітря та мінералізацією води (TDS), а от слабкий зворотній зв'язок між опадами (Р) та мінералізацією води присутній лише у матриці, розрахованої для ставка. Також зворотній вплив має температура повітря на вміст органічної частки ЗР – якщо для ставка це прямий слабкий зв'язок, то для ділянки к-1 – зворотній (див. рис. 7).

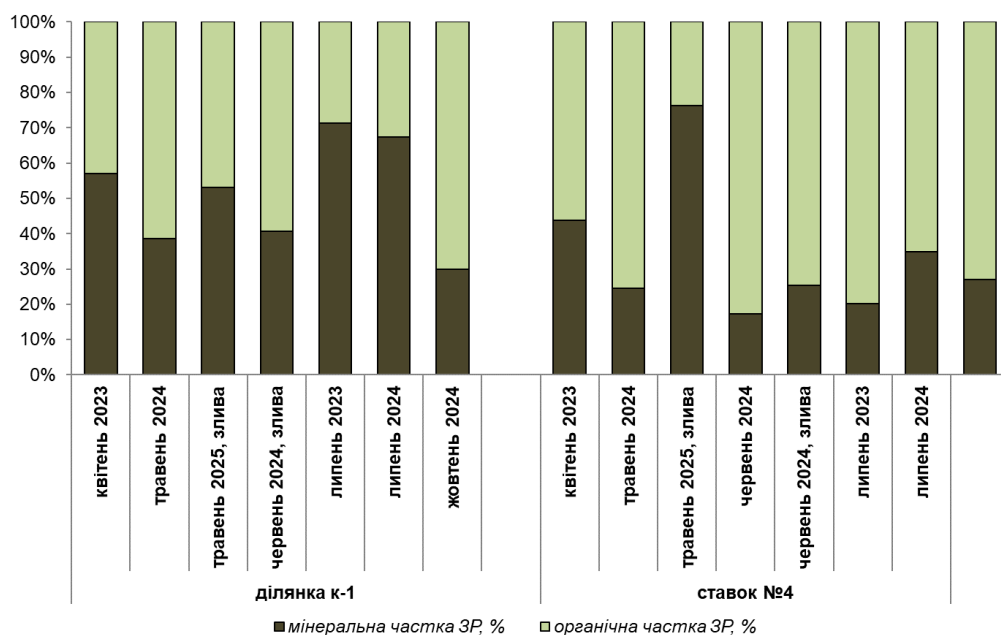


Рис. 6. Співвідношення органічної і мінеральної частки завислих речовин у воді на двох крайніх ділянках

Таблиця 1. Деякі параметри води і навколишнього середовища під час натурних досліджень на верхній ділянці Горіхуватки та нижньому ставку

Показники		квітень 2023	травень 2024	травень 2025, злива	червень 2024	червень 2024, злива	липень 2023	липень 2024	жовтень 2024
<b>Показники води, виміряні на місці</b>									
ділянка к-1	Т <sub>води</sub> , °С	12,6	14,1	17,1	19,5	22,3	23,6	21,5	12,1
	pH	8,02	7,98	8,10	7,16	7,07	8,26	8,03	7,45
	DO, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,7	8,3	7,1	5,9	-	5,9	7,4	4,8
	TDS, мг/дм <sup>3</sup>	409	3540	257	580	-	680	300	1340
ставка № 4	Т <sub>води</sub> , °С	11,3	18,9	19,6	23,8	23,3	22,8	26,4	13
	pH	8,06	8,68	7,94	8,25	7,80	8,08	7,71	7,48
	DO, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	12,8	11,7	8,7	10,4	-	6,5	7,5	5,6
	TDS, мг/дм <sup>3</sup>	548	684	658	580	-	296	300	460
<b>Середньомісячні кліматичні дані</b>									
Т <sub>повітря</sub> , °С		9,6	9,6*	13,6	16,3*	21,5	21,5	24,3	2,7
Опади (Р, мм)		102	102*	64	15*	135	136	52	63

Примітка. \* - натурні дослідження проведено в першій декаді, тому дані відповідають попередньому місяцю (за матеріалами [9])

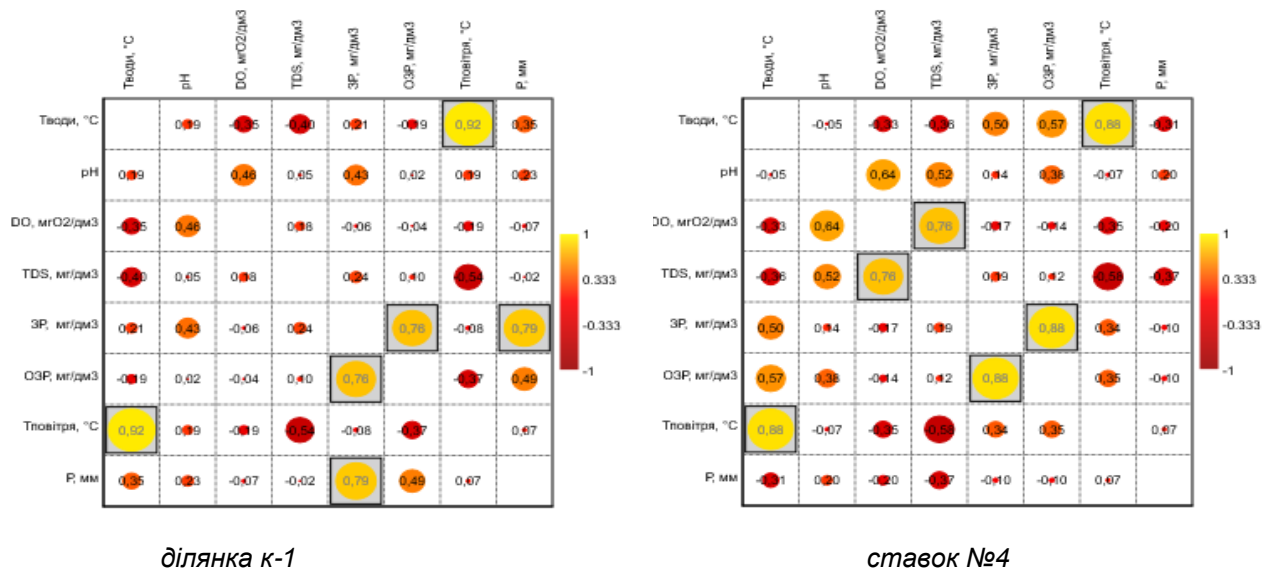


Рис. 7. Кореляційні матриці для визначення взаємозв'язків між абіотичними складовими водної екосистеми та погодними умовами (температура повітря, кількість опадів) (позначення див. в тексті; виділено рамкою достовірність зв'язку  $p < 0,05$ )

Вирішили також перевірити гіпотезу впливу значної фрагментації Горіхуватки на вміст завислих речовин і їх мінеральну частку. Для цього обрали наступні параметри: L – розташування станції відбору проб від умовного гирла (переливна споруда в нижній частині ставка № 4);  $S_{в.п.}$  – площа водної поверхні біля станції відбору проб, обмежена довжиною ділянки в 10 м, а  $R_{бер}$  – частина периметру ділянки площею  $S_{в.п.}$ , яка межує з наземною екосистемою (прибережна зона). Результати представлені кореляційними матрицями на рис. 8.

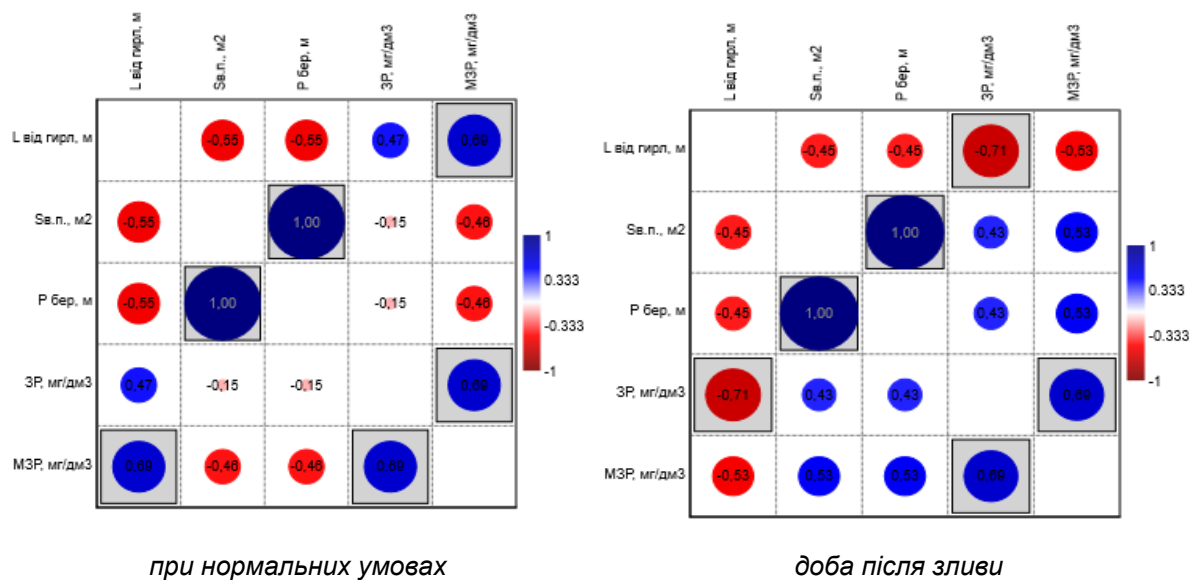


Рис. 8. Кореляційні матриці для визначення впливу зовнішніх факторів на кількість завислих речовин на всіх досліджуваних станціях на Горіхуватці навесні та влітку при різних умовах (позначення див. в тексті; виділено рамкою достовірність зв'язку  $p < 0,05$ )

Для можливості порівняння зв'язків між параметрами з урахуванням впливу інтенсивних опадів, обрали дані весни та літа з однаковою кількістю вимірів. Але так як не всі станції співпали, то коефіцієнти для параметрів (L,  $S_{в.п.}$ ,  $R_{бер}$ ), які не залежать від

наявності опадів все ж дещо різняться ( $r_s = -0,45$  та  $-0,55$ ) (див. рис. 8). Інші коефіцієнти підтверджують вплив умов на ЗР – так за нормальних погодних умов кількість ЗР та їх мінеральної складової зменшується ближче до гирла, що природньо пояснюється переважанням седиментаційних процесів у ставках і відповідає тренду на графіках на рис. 4,а. На наступну добу після зливи зв'язок стає сильнішим і зворотнім, що також відповідає рис. 4,б. При збільшенні параметрів  $S_{в.п.}$  і  $P_{бер}$  при нормальних умовах кількість МЗР зменшується, а після проходження інтенсивних опадів – збільшується, що може бути пояснено впливом мілководності й скаламучуванням донних відкладів при надходженню більшого, ніж зазвичай об'єму води.

**Висновки.** Річка (струмок) Горіхуватка відноситься до малих водних об'єктів, частково каналізована, а на денну поверхню виходить в найбільшій природоохоронній території Києва. Та через крайове розташування й інтенсивний розвиток Голосіївського району водна екосистема річки зазнає постійно зростаючого впливу діяльності людини. Значна фрагментація водотоку і створення каскаду з 4 ставків, прибережна зона яких зазнає рекреаційного навантаження, призвели до порушення континуальності річки і просторової змінності абіотичних умов водної екосистеми.

За кореляційним аналізом Спірмена визначено, що кількість завислих речовин ( $r_s = 0,47$ ,  $p < 0,05$ ) та мінеральна частка ЗР ( $r_s = 0,69$ ,  $p < 0,05$ ) підвищується при віддаленні від умовного гирла, що пояснюється переважанням седиментаційних процесів на мілководді ставків, найбільшим з яких є два останні. Водночас надходження аллохтонного матеріалу з поверхневим стоком під час інтенсивних опадів змінює зв'язок на протилежний ( $r_s = -0,71$  та  $-0,53$ ,  $p < 0,05$ ).

За даними натурних досліджень визначено сезонну змінність кількості завислих у воді речовин – влітку в середньому значення показника становить  $18,3 \text{ мг/дм}^3$ , навесні –  $16,7 \text{ мг/дм}^3$ , восени –  $14,4 \text{ мг/дм}^3$ , але надходження великого обсягу твердих часток з водозбірної площі після інтенсивних опадів у теплий період року згладжують різницю.

Органічна частка ЗР за нормальних погодних умов переважає в ставках, а мінеральна – на залишкових ділянках річки між ними. Кількість завислих речовин у воді, що надходить з каналізованої частини річки, також залежить від зовнішніх факторів, а саме від періоду року та погодних умов. Збільшення інтенсивності опадів у літньо-осінній період за наявного стану водозбору і прибережної зони і надалі провокуватиме різкі збільшення кількості завислих у воді речовин, що може стати стресором для гідробіонтів і відобразитись на біорізноманітті водних і наколоводних екосистем.

В перспективі варто дослідити антропогенне перетворення водозбірного басейну та окремо прибережної зони, їх вплив на абіотичну та біотичну складові екосистеми Горіхуватки, а також розробити і впровадити заходи щодо управління станом ставків і ділянок між ними із врахуванням обмежень, які накладають розташування в межах природоохоронної території.

**Фінансування.** Роботу проведено в рамках виконання проекту НДР молодих учених НАНУ за договором №82-11/05-2024 та держбюджетних тем №153, 164.

#### Список літератури

1. Батог С.В., Дубняк С.С., Іванова Н.О., Вандюк Н. С. Вплив гідравлічних характеристик потоку на річковий екологічний континуум (на прикладі річки Горіхуватка). IX з'їзд Гідроекол. т-ва України «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій»: зб. матеріалів (18–20 вересня 2024 р., м. Дніпро). 2024. С. 148-151.

2. Батог С.В., Іванова Н.О. Еколого-гідрологічна характеристика каскаду ставків на р. Горіхуватка в м. Києві. VI наук.-практ. конф. молодих вчених «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем»: зб. наук. праць (м. Київ, 10–11 жовтня 2023 р.). 2023. С. 18-22.

3. Василюк О. Національний природний парк «Голосіївський» / вид. в рамках пр. «Зміцнення спроможності НПП «Голосіївський» протистояти незаконній діяльності». 2018. 20 с. URL: [https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/000\\_Goloseevo\\_Booklet\\_A5\\_Original.pdf](https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/000_Goloseevo_Booklet_A5_Original.pdf)

4. Вишневський В.І. Водойми Києва. Київ. 2021. 280 с.

5. Вишневський В.І. Малі річки Києва. Київ. 2013. 84 с.

6. Екологічні проблеми київських водойм і прилеглих територій / О. В. Романенко, О.М. Арсан, Л.С. Кіпніс, Ю.М. Ситник. Київ: Наукова думка, 2015. 300 с.

7. Жежеря Т.П., Жежеря В.А., Линник П.М. Міграція біогенних елементів з донних відкладів як додаткове внутрішнє навантаження поживними речовинами на водойми урбанізованої території. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2022. № 3. С.57-67. URL: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.4>

8. Іванова Н.О., Батог С.В., Дубняк С.С. Особливості просторової та часової динаміки завислих речовин у р. Горіхуватка в м. Києві. *Міжнар. наук-пр. конф. «Природничогоеографічні дослідження рельєфу, клімату та поверхневих вод: сучасний стан та перспективи розвитку (до 75-річчя кафедр КНУТШ: землезнавства та геоморфології; метеорології та кліматології; гідрології та гідроекології)»*: зб. мат-в. (м. Київ 2-4 жовтня 2024 р.). С. 26-28.

9. Кліматичні дані по м. Київ. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatolohichna/klimatychni-dani-po-kyievu>

10. Морозовська І.О. Континуальна структура малої річки (р. Горіхуватка) з системою ставків. *IX з'їзд Гідроекол. т-ва України «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій»*: зб. матеріалів (18–20 вересня 2024 р., м. Дніпро). 2024. С. 86–88.

11. Розпорядження виконавчого органу Київської міської ради (КМДА) від 04.02.2009 року №111 «Про передачу на баланс та закріплення за КП «Плесо» водних об'єктів та оформлення земель водного фонду м. Києва. URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=05E9J777C3>

12. Тимченко В. М., Дараган С.В. Сменяемость воды в водоемах Киева. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. Т. 4. С. 49-57.

13. Шищенко П.Г., Гавриленко О.П., Циганок Є.Ю. Екосистемна цінність Голосіївського лісу як міської природоохоронної території: причини і наслідки деградації. *Ukr. geogr. z.* 2019. Vol. 4. P.40-49. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.04.040>

14. Яворський В.Ю. Характеристика Горіхуватських ставків за показниками макрзообентосу. *IX з'їзд Гідроекол. т-ва України «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій»*: зб. матеріалів (18–20 вересня 2024 р., м. Дніпро). 2024. С. 23-24.

15. Cavanagh J.-A.E., Hogsden K.L., Harding J.S. Effects of suspended sediment on freshwater fish. *Envirolink Advice Grant: 1445-WCRC129*. 2014. 29 p.

16. Gorbatiuk L. O., Pasichna O. O., Klochenko P. D. et al. Content of Pollutants and Their Potential Toxicity in the Water Bodies of the "Golosiivsky" National Nature Park (Ukraine). *Hydrobiol. j.* 2025. Vol. 61 (2). P. 61-74. DOI: [10.1615/HydrobJ.v61.i2.50](https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v61.i2.50)

17. Hodgkins G.A., Dudley R.W., Archfield S.A., Renard B. Effects of climate, regulation, and urbanization on historical flood trends in the United States. *J. Hydrol.* 2019. 573. P. 697–709.

18. Jaja N., Mbila M., Codling E., Tsegaye T., Odutola J. Landscape Variability of Riparian Buffers and Its Impact on Soil and Water Chemistry of an Urbanized Watershed. *Ecol. Indic.* 2022. 137. 108777.

19. Lane C.R., Autrey B.C. Sediment accretion and accumulation of P, N and organic C in depression wetlands of three ecoregions of the United States. *Mar. Freshw. Res.* 2017. 68. P. 2253–2265.

20. Linnik P. M. Climate Change as an Important Factor of the Formation of the Chemical Composition of Surface Waters at the Present Time (a Review). *Hydrobiol. Journal.* 2021. Vol. 57, № 1. P. 78-94. DOI: [10.1615/HydrobJ.v57.i1.90](https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v57.i1.90)

21. Liu C., Qu L., Clausen J., Lei T., Yang X. Impact of Riparian Buffer Zone Design on Surface Water Quality at the Watershed Scale, a Case Study in the Jinghe Watershed in China. *Water.* 2023. 15(15). 2696. URL: <https://doi.org/10.3390/w15152696>

22. Martín Muñoz S., Schoelynck J., Tetzlaff D., Tetzlaff D., Debbaut R., Warter M., Staes J. Assessing biodiversity and regulatory ecosystem services in urban water bodies which serve as aqua-Nature-based Solutions. *Frontiers in Environmental Science.* 2024. Vol. 11. URL: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1304347>

23. Mcgrane S. J. Impacts of Urbanisation on Hydrological and Water Quality Dynamics, and Urban Water Management: A Review. *Hydrological Sciences Journal.* 2016. 61. P. 2295-2311. URL: <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1128084>

24. Newcombe C.P., MacDonald D.D.. Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems North American Journal of Fisheries Management. 1991. Vol. 11. P. 72-82.

25. Oertli B., Parris K. M. Review: Toward management of urban ponds for freshwater biodiversity. *Ecosphere.* 2019. Vol. 10. 7. URL: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2810>

26. Stone M., Droppo I.G. In-Channel Surficial Fine-Grained Sediment Laminae (Part II): Chemical Characteristics and Implications for Contaminant Transport by Fluvial Sediments. *Hydrological Processes.* 1994. Vol. 8(2). P.113-124. URL: <https://doi.org/10.1002/hyp.3360080203>

## References

1. Batoh, S. V., Dubniak, S. S., Ivanova, N. O., Vandyuk, N. S. Influence of flow hydraulic characteristics on the riverine ecological continuum (case study of the Horikhuvatka River). In Proceedings

of the IX Congress of the Hydroecological Society of Ukraine: Prospects for hydroecological research in the context of local and global consequences of warfare (2024, September 18–20). Dnipro, Ukraine. P. 148–151. [in Ukrainian].

2. *Batoh, S. V., Ivanova, N. O.* Ecological–hydrological characteristics of the cascade of ponds on the Horikhuvatka River in Kyiv. In Proceedings of the VI Scientific and Practical Conference of Young Scientists “Modern Hydroecology: The Role of Scientific Research in Solving Current Issues” (2023, October 10–11). Kyiv, Ukraine. P. 18–22. [in Ukrainian].

3. *Vasiliuk, O.* Holosiivskiy National Nature Park [Booklet within the project “Strengthening the capacity of Holosiivskiy NNP to counter illegal activities”]. 2018. 20 p. [in Ukrainian]. URL: [https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/000\\_Goloseevo\\_Booklet\\_A5\\_Original.pdf](https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/000_Goloseevo_Booklet_A5_Original.pdf)

4. *Vyshnevskiy, V. I.* Water bodies of Kyiv. Kyiv, Ukraine. 2021. 280 p. [in Ukrainian].

5. *Vyshnevskiy, V. I.* Small rivers of Kyiv. Kyiv, Ukraine. 2013. 84 p. [in Ukrainian].

6. *Romanenko, O. V., Arsan, O. M., Kipnis, L. S., Sytnyk, Y. M.* (Eds.). Environmental problems of Kyiv water bodies and adjacent territories [in Ukrainian]. 2015 Kyiv: Naukova Dumka. 300 p. [in Ukrainian].

7. *Zhezheria, T. P., Zhezheria, V. A., Lynnyk, P. M.* Migration of biogenic elements from bottom sediments as an additional internal nutrient load on urban water bodies. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*. 2022. (3). P. 57–67. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.4>

8. *Ivanova, N. O., Batoh, S. V., Dubniak, S. S.* Spatial and temporal dynamics of suspended solids in the Horikhuvatka River in Kyiv. In Proceedings of the Intern. Scien.and Pract. Conference “Natural and geographical studies of relief, climate and surface waters: current state and development prospects (to the 75th anniversary of TSHNUK departments: earth sciences and geomorphology; meteorology and climatology; hydrology and hydroecology)” (2024, October 2–4). Kyiv, Ukraine. P. 26–28. [in Ukrainian].

9. Climate data for Kyiv. [in Ukrainian]. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatolohichna/klimatychni-dani-po-kyievu>

10. *Morozovska, I. O.* Continual structure of a small river (the Horikhuvatka River) with a pond system. In Proceedings of the IX Congress of the Hydroecological Society of Ukraine: Prospects for hydroecological research in the context of local and global consequences of warfare (2024, September 18–20). Dnipro, Ukraine. P. 86-88. [in Ukrainian].

11. Executive Committee of the Kyiv City Council [Kyiv City State Administration]. (2009, February 4). Order No. 111: On the assignment and registration of water bodies and water fund land of Kyiv to the municipal enterprise “Pleso”. [Rozporiadzhennia vykonavchoho orhanu Kyivskoi miskoi rady (KMDA) vid 04.02.2009 roku №111 «Pro peredachu na balans ta zakriplennia za KP «Pleso» vodnykh obiektiv ta oformlennia zemel vodnoho fondu m. Kyieva] [in Ukrainian]. URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=05E9J777C3>

12. *Tymchenko, V. M., Darahan, S. V.* Water renewal rates in Kyiv water bodies. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*. 2014. 4. P.49–57. [Smeniaemost vody v vodoemakh Kyieva]

13. *Shyshchenko, P. H., Havrylenko, O. P., Tsyhanok, E. Y.* The ecosystem value of Holosiivskiy Forest as an urban protected area: Causes and consequences of degradation. *Ukrainian Geographical Journal*. 2019. 4. P. 40–49. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ugz2019.04.040>

14. *Yavorskiy, V. Y.* Characteristics of the Horikhuvatka ponds based on macrozoobenthos indicators. In Proceedings of the IX Congress of the Hydroecological Society of Ukraine: Prospects for hydroecological research in the context of local and global consequences of warfare (2024, September 18–20). Dnipro, Ukraine. P. 23-24. [in Ukrainian].

15. *Cavanagh J.-A.E., Hogsden K.L., Harding J.S.* Effects of suspended sediment on freshwater fish. *Envirolink Advice Grant: 1445-WCRC129*. 2014. 29 p.

16. *Gorbatiuk L. O., Pasichna O. O., Klochenko P. D.* et al. Content of Pollutants and Their Potential Toxicity in the Water Bodies of the "Golosiivskiy" National Nature Park (Ukraine). *Hydrobiol. j.* 2025. Vol. 61 (2). P. 61-74. DOI: 10.1615/HydrobJ.v61.i2.50

17. *Hodgkins G.A., Dudley R.W., Archfield S.A., Renard B.* Effects of climate, regulation, and urbanization on historical flood trends in the United States. *J. Hydrol.* 2019. 573. P. 697–709.

18. *Jaja N., Mbila M., Codling E., Tsegaye T., Odutola J.* Landscape Variability of Riparian Buffers and Its Impact on Soil and Water Chemistry of an Urbanized Watershed. *Ecol. Indic.* 2022. 137. 108777.

19. *Lane C.R., Autrey B.C.* Sediment accretion and accumulation of P, N and organic C in depressional wetlands of three ecoregions of the United States. *Mar. Freshw. Res.* 2017. 68. P. 2253–2265.

20. *Linnik P. M.* Climate Change as an Important Factor of the Formation of the Chemical Composition of Surface Waters at the Present Time (a Review). *Hydrobiol. Journal*. 2021. Vol. 57, № 1. P. 78-94. DOI: 10.1615/HydrobJ.v57.i1.90

21. *Liu C., Qu L., Clausen J., Lei T., Yang X.* Impact of Riparian Buffer Zone Design on Surface Water Quality at the Watershed Scale, a Case Study in the Jinghe Watershed in China. *Water*. 2023. 15(15). 2696. URL: <https://doi.org/10.3390/w15152696>

22. *Martín Muñoz S., Schoelynck J., Tetzlaff D., Tetzlaff D., Debbaut R., Warter M., Staes J.* Assessing biodiversity and regulatory ecosystem services in urban water bodies which serve as aqua-Nature-based

23. *Mcgrane S. J.* Impacts of Urbanisation on Hydrological and Water Quality Dynamics, and Urban Water Management: A Review. *Hydrological Sciences Journal*. 2016. 61. P. 2295-2311. URL: <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1128084>

24. *Newcombe C.P., MacDonald D.D.* Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems North American Journal of Fisheries Management. 1991. Vol. 11. P. 72-82.

25. *Oertli B., Parris K. M.* Review: Toward management of urban ponds for freshwater biodiversity. *Ecosphere*. 2019. Vol. 10. 7. URL: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2810>

26. *Stone M., Droppo I.G.* In-Channel Surficial Fine-Grained Sediment Laminae (Part II): Chemical Characteristics and Implications for Contaminant Transport by Fluvial Sediments. *Hydrological Processes*. 1994. Vol. 8(2). P.113-124. URL: <https://doi.org/10.1002/hyp.3360080203>

### **Variability of suspended solids concentration in urban ponds and intervening river sections under the influence of external factors**

**Ivanova N.O.**

*The article summarizes and analyzes the data of field studies conducted in 2023-2025 on the content of suspended solids (SS) in the water of urban ponds and residual sections of the small river (stream) Horikhuvatka (Orikhovatka) within its outlet in the Holosiivskyi National Park. The correlations between abiotic conditions in the two final sections of the study site were investigated, and spatial and temporal changes in the content of suspended solids in water were analyzed.*

*Spearman's correlation analysis showed that the amount of suspended solids ( $r_s = 0.47$ ,  $p < 0.05$ ) and the mineral fraction of suspended solids ( $r_s = 0.69$ ,  $p < 0.05$ ) increased with distance from the conditional mouth, which is explained by the predominance of sedimentation processes in the shallow water of the ponds, the largest of which are the latter two. At the same time, the supply of allochthonous material with surface runoff during intense precipitation reverses the relationship ( $r_s = -0.71$  and  $-0.53$ ,  $p < 0.05$ ).*

*It has been determined that the amount and composition of the SS is influenced by both natural and anthropogenic factors, namely general climate change, partial urbanization of the catchment, recreational load in the coastal zone, local fragmentation and hydromorphological changes in the water body. The disruption of the river's continuity through the creation of ponds has led to variable conditions, including a significant difference in the composition of suspended solids and a different response of the indicator to surface runoff.*

*In the future, it is worthwhile to study the anthropogenic transformation of the catchment area and the coastal zone in particular, and their impact on the abiotic and biotic components of the Horikhuvata ecosystem. It is also worth developing and implementing measures to manage the condition of the ponds and the areas between them, taking into account the restrictions imposed by the location within the protected area.*

**Keywords:** suspended solids, long-term changes, abiotic factors of aquatic ecosystem functioning, Horikhuvata Ponds, small river, urbanization.

**Надійшла до редколегії 23.05.2025**