

УДК 556.11(282.247.324)(477)

А.О. ЖИДЕНКО, д. б. н., проф.,

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка,
м. Чернігів, вул. Гетьмана Полуботка, 53, Україна,
e-mail: zaa2006@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-3070-1575

В.В. ПАПЕРНИК, к. б. н., доцент,

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка,
м. Чернігів, вул. Гетьмана Полуботка, 53, Україна,
e-mail: kvv2009@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3219-9523

МОНІТОРИНГ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РІЧОК ДЕСНА, СТРИЖЕНЬ, БІЛОУС

У статті проаналізовано динаміку гідрохімічних показників річки Десни та її приток Стрижень і Білоус протягом 2021—2023 рр. Описано якісні та кількісні зміни наступних параметрів: вмісту розчиненого кисню, біохімічного споживання кисню (БСК₅), хімічного споживання кисню (ХСК_{Мп}), концентрації фосфат-іонів, нітрогену амонійного, нітритного та нітратного, заліза загального (Fe³⁺ і Fe²⁺) та мангану. Виявлено збільшення концентрації забруднюючих речовин у воді р. Десни нижче м. Чернігова (після впадіння в неї приток Стрижень та Білоус) порівняно з водою вище м. Чернігова. Встановлено достовірне збільшення таких показників: ХСК_{Мп}, концентрації нітрогену нітритного, заліза загального (Fe³⁺ і Fe²⁺) та мангану в 2021—2022 рр. У 2023 р. збільшилася кількість показників, що мають достовірну відмінність перевищення ГДК, зокрема: БСК₅, ХСК_{Мп}, вміст нітрогену амонійного та нітритного, заліза загального (Fe³⁺ і Fe²⁺) та мангану. Якість води у р. Десні нижче м. Чернігова залежить від абіотичних факторів: складу ґрунтів, температури води і повітря, атмосферного тиску, кількості опадів, але більшою мірою від антропогенних чинників: надходження забруднювальних речовин з поверхневим стоком, скиду неочищених та не досить очищених комунально-побутових стічних і промислових вод, а також техногенного забруднення внаслідок військових дій. На якість води р. Десни найбільше впливають води р. Білоус.

Ключові слова: Чернігівське Полісся (гумідна зона), БСК₅, ХСК_{Мп}, нітроген амонійний та нітритний, залізо загальне (Fe³⁺ і Fe²⁺), манган, джерела забруднення, рекомендації.

Північ України, на відміну від півдня, має достатні запаси прісної води, зокрема на території Чернігівської області знаходиться 265 лінійних водних об'єктів (річки та струмки) та 2601 площинних водних об'єктів (озера, ставки, водосховища, водойми) [2]. Вода р. Десни — головне

Ц и т у в а н н я: Жиденко А.О., Паперник В.В. Моніторинг гідрохімічних показників річок Десна, Стрижень, Білоус. *Гідробіол. журн.* 2025. Т. 61, № 4. С. 99—114.

ISSN 0375-8990. Гідробіологічний журнал. 2025. 61(4)

джерело питної води для мешканців багатьох населених пунктів, серед інших і м. Києва, тому моніторинг її якості здійснюється постійно, про що свідчать численні публікації [6, 7, 13, 15, 22, 27 та ін.]. Так, І.В. Мирон [13] у 2003 р. визначив, що на території Чернігівської області в басейні р. Десни можна виділити чотири екологічні зони зі значним антропогенним навантаженням: міста Новгород-Сіверський, Чернігів, Ніжин та Бахмач. Переважання у цих регіонах ландшафтів з низьким потенціалом самоочищення спричиняє надходження у водні об'єкти нітратів та фосфатів з сільськогосподарських угідь. Крім того, на якість води р. Десни значний вплив мають водокористувачі суміжних територій, особливо Сумської області (р. Шостка) [13]. Для р. Десни в межах м. Чернігова вагоме джерело забруднення — це притоки Стрижень та Білоус. Моніторинг як система оцінки стану довкілля, зокрема поверхневих вод, здійснюється постійно, але внаслідок військових дій відбір проб на масивах в транскордонних пунктах моніторингу був неможливий. Від складу води, зокрема від концентрації розчинних солей, газів та органічних речовин залежать її фізичні властивості (температура замерзання, величина випаровування, прозорість), хімічний склад та характер протікання хімічних реакцій. Тому дослідження походження іонного складу води та його трансформації є важливим теоретичним питанням, а її хімічний склад допомагає вирішенню практичних завдань (при водопостачанні, гідротехнічному будівництві, зрошенні, веденні рибного господарства) [21].

Якість поверхневих вод р. Десни залежить від багатьох чинників, зокрема від гідрохімічних показників її приток, до яких відносяться середні річки: Судость, Снов, Остер та Сейм. Аналіз стану їхніх поверхневих вод здійснено на основі даних щодо середньорічних концентрацій речовин у контрольних створах водних об'єктів та звітів з вилову водних біоресурсів у рибогосподарських водних об'єктах. За допомогою аналізу досліджених гідрохімічних показників було зроблено висновок про ризики для здоров'я населення внаслідок споживання риби з водних екосистем, вода яких має перевищення концентрації важких металів [16, 17]. Крім середніх річок свій внесок у забруднення Десни чинять її притоки, зокрема Стрижень та Білоус, які відносяться до малих річок та впадають у Десну в межах м. Чернігова. Дослідження, які були проведені у 2014—2016 рр. [9], показали перевищення відповідно до еколого-рибогосподарських нормативів гранично-допустимої концентрації (ГДК) нітрит-іонів та загального заліза, проте найбільше перевищення було відмічено для мангану.

Ці показники співвідносяться з результатами вивчення озер системи Опечень (м. Київ), що знаходяться в межах урбанізованої території [4], як і р. Стрижень, для русла якої властиві значні антропогенні зміни — зарегульованість, вирівнювання, забруднення стоками, побутовими відходами (особливо на відрізку в м. Чернігові, де розташовано три водосховища загальною площею 42,7 га та загальним об'ємом близько 955,9 тис. м³) [24]. Дослідження, проведені в Інституті гідробіології НАН України [4], показали доволі високі концентрації досліджуваних металів, зокрема

мангану і феруму, у воді придонного горизонту озер, які навіть за усередненими показниками значно перевищують (відповідно у 8 і 3 рази) їхню концентрацію у воді поверхневого шару. Поясненням істотного зростання концентрації цих металів у придонному шарі води, на думку авторів [4], є тривалий дефіцит кисню, зниження рН води та окисно-відновного потенціалу (Eh), внаслідок чого відбувається відновлення Mn(IV) і Fe(III) в оксидах до Mn(II) і Fe(II) та їх перехід у розчинений стан.

Річка Стрижень також зазнає антропогенного впливу: скид неочищених та не досить очищених комунально-побутових стічних вод безпосередньо у воду; надходження забруднювальних речовин з поверхневим стоком із забудованих територій та сільгоспугідь. Упродовж трьох років (2019—2021 рр.) нами були проаналізовані гідрохімічні показники річок Десна та Стрижень для з'ясування причин зниження якості води в р. Десні. Отримані результати доводять негативний вплив р. Стрижень на показники води р. Десни: є пряма кореляція між збільшенням вмісту заліза загального, мангану, амоній-іонів, нітрит-іонів як в Стрижні, так і в Десні нижче м. Чернігова (тобто після впадіння в неї цієї притоки) [18].

Загальна довжина мережі малих річок Чернігівської області становить 4374,8 км, що відповідно у 5,7 та 6,7 разів більше, ніж середніх та великих річок [1—3]. Малі річки є джерелом водопостачання промислових, комунальних та сільськогосподарських підприємств, поповнення запасів підземних вод. Вони також використовуються для риборозведення та відпочинку людей. В них зосереджено майже 80 % водного стоку та формується 60 % водних ресурсів України. На малих річках побудовано понад 1000 водосховищ і 24 тисячі ставків, в яких щороку нагромаджується понад 12 млрд. м³ води, а з урахуванням водосховищ Дніпровського каскаду об'єм води становить близько 55 млрд. м³. Тому особливе значення має збереження водності малих річок та їх захист від замулення та засмічення [11].

Мета роботи: проаналізувати динаміку гідрохімічних показників р. Десни та її приток Стрижень і Білоус та показати залежність якості води від низки абіотичних та антропогенних чинників.

Матеріал і методика досліджень

Зразки води відбирали у наступних створах: р. Десна (вище і нижче м. Чернігова), р. Стрижень та р. Білоус. Причому створ р. Десна (нижче м. Чернігова) розташований після впадіння в неї приток: річок Стрижень та Білоус. Проби води для хімічного аналізу відбирали за допомогою спеціального пристрою (вертикального батометру або склянки, що закріплена на дошці з мітками і призначена для відбору проб на визначення розчинного у воді кисню з корковою пробкою, яка обладнана двома скляними трубочками) з потрібної глибини (0,5—1,0 м), щоб не відбувалося перемішування води та її контакту з повітрям. Кисень фіксували зразу після наповнення склянки та визначали титриметрично йодометричним методом Вінклера [12]. Далі відбирали проби для визначення біохімічного споживання кисню (БСК₅) у кисневій склянці без пухирців повітря. В

першій визначали розчинений кисень, дві інші витримували у темряві 5 діб, потім у них знову визначали розчинений кисень. Різницю між початковим і кінцевим вмістом перераховували на 1 дм³, це кисень, витрачений на окиснення органічних речовин у воді. Для визначення перманганатної окиснюваності води (XCK_{Mn} — хімічного споживання кисню) проби після відбору консервували додаванням 5 см³ 25 % H_2SO_4 , потім у лабораторії проводили аналіз згідно методики [12]. При наявності завислих речовини у воді їх усували фільтруванням проб води через фільтр «синя стрічка». За допомогою фотометричного методу були визначені наступні гідрохімічні показники: концентрація загального заліза (Fe^{3+} і Fe^{2+}) — розчином роданистого амонію, після попереднього окиснення $Fe(II)$ до $Fe(III)$ надсірчаноокислим амонієм; концентрація мангану — шляхом окиснення мангану (II) до перманганат-іонів в азотнокислому середовищі дією персульфату амонію у присутності каталізатора — іонів срібла; концентрація нітрогену амонійного — реактивом Неслера, нітритного — реактивом Гріса та нітратного — сульфофеноловим реактивом у присутності аміаку, мінеральних фосфатів — молібдатом амонію у кислому середовищі у присутності аскорбінової кислоти. З використанням титриметричного методу визначали вміст сульфатів — розчином хлористого барію $BaCl_2$ з додаванням етилового спирту і 0,05 %-вого водного розчину ортанілового K , хлоридів — розчином азотнокислого срібла $AgNO_3$ у присутності індикатора хромату калію (K_2CrO_4) згідно із загальноприйнятими методиками [12].

Експериментальні показники всіх досліджуваних речовин порівнювали з ГДК еколого-рибогосподарських нормативів [19] та ГДК для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення [20]. Окрім отриманих нами результатів досліджень відібраних проб у роботі використовували дані щодо хімічного складу поверхневих вод, які були опубліковані у доповідях про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області [1—3].

Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою Microsoft Excel. Достовірну різницю між середніми арифметичними значеннями визначали за допомогою t -критерію Стьюдента.

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз середніх величин гідрохімічних показників р. Десни та її приток Стрижня та Білоуса за 2021—2023 рр. відносно норм ГДК (для водойм рибогосподарського призначення та для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення) показав їхню кількісну та якісну різноманітність. Були відмічені досить високі середньорічні показники концентрації кисню (табл. 1), але під впливом високих температур та антропогенного навантаження 20—22 серпня 2022 р. вміст кисню у воді р. Стрижень знизився до критичного рівня (менше 1 мг/дм³) при 8,2—13,2 % насичення води киснем, що спричинило масовий замор риби. Протягом досліджуваних років концентрації фосфат-іонів, нітрогену нітратного (див. табл. 1), а також сульфат- та хлорид-іонів були в межах нор-

Таблиця 1
Динаміка середньорічних гідрохімічних показників річок Десна, Стрижень, Білоус за період 2021—2023 рр.

Показники	ГДК (мг/дм ³)*	ГДК (мг/дм ³)**	Р. Десна (створ забору води вище м. Чернігова)			Р. Стрижень			Р. Білоус			Р. Десна (створ забору води нижче м. Чернігова)		
			2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Кисень, мг О ₂ /дм ³			10,01± 2,00	7,84± 1,50	7,0± 1,40	7,37± 1,50	6,35± 1,27	6,54± 1,30	7,38± 1,47	7,37± 1,46	6,29± 1,27	8,25± 1,65	6,21± 1,55	7,04± 1,41
БСК ₅ , мг О ₂ /дм ³	2	3	1,09± 0,22	1,07± 0,21	1,20± 0,24	2,5± 0,50	1,96± 0,38	4,10± 0,81	4,01± 0,80	3,87± 0,77	4,72± 0,94	2,02± 0,40	1,82± 0,36	3,54± 0,71***
ХСК _{mn} , мг О/дм ³	20	50	15,0± 3,0	23,0± 4,4	17,0± 3,4	41,5± 8,3	34,4± 6,8	52,25± 10,4	54,1± 10,8	72,1± 14,4	70,2± 14,0	30,1± 6,0***	31,0± 6,6	41,8± 4,1***
Фосфат- іони, мг Р/дм ³	2,15	3,5	0,18± 0,04	0,19± 0,04	0,29± 0,06	0,91± 0,07	1,05± 0,28	0,61± 0,11	1,12± 0,38	1,07± 0,32	2,47± 0,49	0,52± 0,15	0,40± 0,17	0,41± 0,13
Нітроген амонійний, мг N/дм ³	0,5	2,0	0,61± 0,06	0,37± 0,07	0,40± 0,08	1,02± 0,18	1,31± 0,26	1,28± 0,25	1,77± 0,35	1,59± 0,21	3,09± 0,58	0,94± 0,28	0,46± 0,09	0,81± 0,07***
Нітроген нітратний, мг N/дм ³	40	45	1,27± 0,41	1,0± 0,22	0,12± 0,04	1,61± 0,32	1,63± 0,34	1,99± 0,59	3,45± 0,75	3,26± 0,71	3,94± 0,76	1,63± 0,34	1,59± 0,31	3,55± 0,61***
Нітроген нітритний, мг N/дм ³	0,08	3,3	0,05± 0,01	0,04± 0,01	0,033± 0,01	0,11± 0,03	0,18± 0,06	0,12± 0,04	0,9± 0,08	0,099± 0,02	0,364± 0,07	0,17± 0,03***	0,054± 0,01	0,17± 0,03***

Продовження табл. 1

Показники	ГДК (мг/дм³)*	ГДК (мг/дм³)**	Р. Десна (створ забору води вище м. Чернігова)			Р. Стрижень			Р. Білоус			Р. Десна (створ забору води нижче м. Чернігова)		
			2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Залізо загальне (Fe ²⁺ і Fe ³⁺), мг/дм³	0,1	0,3	0,1± 0,02	0,1± 0,02	0,08± 0,02	0,36± 0,07	0,42± 0,08	4,90± 0,91	0,78± 0,16	0,83± 0,17	5,04± 1,04	0,41± 0,05***	0,26± 0,04***	3,81± 0,68***
Манган, мг/дм³	0,01	0,1	0,03± 0,006	0,02± 0,004	0,06± 0,009	0,11± 0,01	0,12± 0,01	0,14± 0,04	0,15± 0,03	0,08± 0,03	0,15± 0,04	0,13± 0,01***	0,04± 0,008***	0,09± 0,01***

* ГДК для водойм рибогосподарського призначення (еколого-рибогосподарські нормативи) [19]. ** ГДК для задоволення питних, господарських-побутових та інших потреб населення [20]. *** гідрохімічні показники р. Десни між створами забору води вище і нижче м. Чернігова, достовірно відрізняються ($p \leq 0,05-0,01$).

ми. Протягом 2021—2023 рр. у воді досліджуваних річок концентрація хлоридів не перевищувала ГДК, зокрема: р. Десна вище м. Чернігова — 0,31—13,00 мг/дм³; р. Десна нижче м. Чернігова — 0,72—14,92 мг/дм³; р. Стрижень — 0,83—43,62 мг/дм³ і р. Білоус — 0,76—56,54 мг/дм³ (ГДК* для водойм рибогосподарського призначення та ГДК** для задоволення питних, господарських-побутових та інших потреб населення: 300*—350** мг/дм³). Це саме стосується і сульфатів: р. Десна вище м. Чернігова 0,27—15,52 мг/дм³; р. Десна нижче м. Чернігова — 0,84—25,83 мг/дм³; р. Стрижень — 1,02—40,81 мг/дм³ і р. Білоус 0,81—46,58 мг/дм³ (100*—500** мг/дм³).

Значення інших показників у воді річок Стрижень і Білоус змінювались у просторово-часовому аспекті у негативний бік. На рисунку 1 показано динаміку змін біохімічного споживання кисню впродовж 5 діб (БСК₅) протягом трьох років: р. Десна вище м. Чернігова — 1,07—1,2 мг O₂/дм³; р. Десна нижче м. Чернігова — 1,82—3,54 мг O₂/дм³, р. Стрижень — 1,96—4,1 мг O₂/дм³ та р. Білоус — 3,87—4,72 мг O₂/дм³. Можна зазначити, що у воді річок Стрижень та Білоус цей показник виявився найбільшим і помітно підвищився у 2023 р., що стало причиною забруднення біохімічно лабільними органічними речовинами води р. Десни після впадіння цих приток. Тому у воді р. Десни нижче м. Чер-

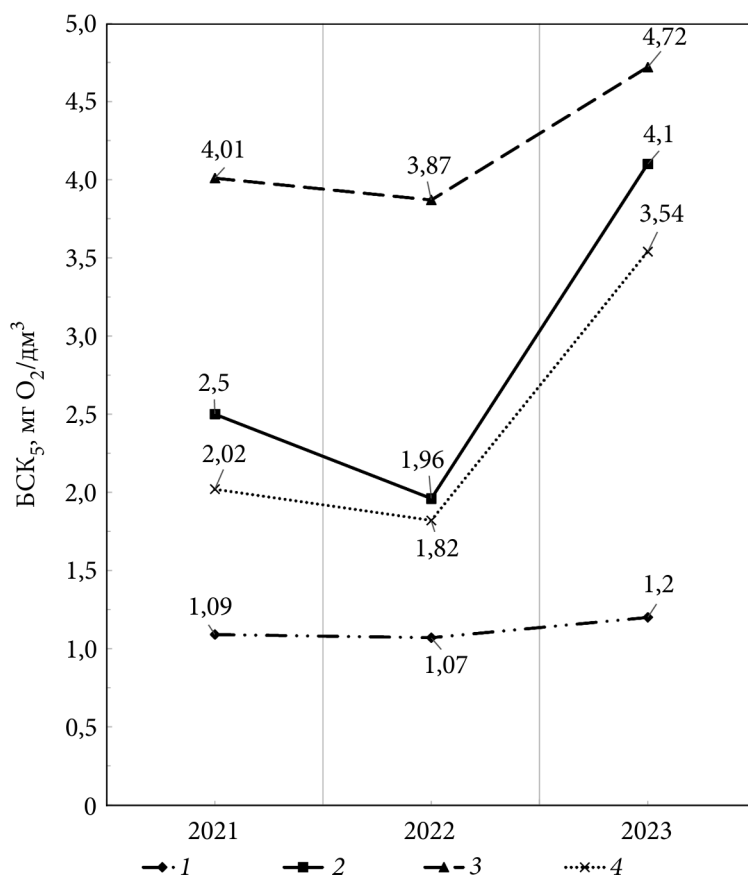


Рис. 1. Динаміка біологічного споживання кисню (БСК₅) у воді річок Десна, Стрижень, Білоус протягом 2021—2023 рр. Тут і на рис. 2—6: 1 — р. Десна (вище м. Чернігова); 2 — р. Стрижень; 3 — р. Білоус; 4 — р. Десна (нижче м. Чернігова).

нігова порівняно зі створом забору води вище м. Чернігова значення показників БСК₅ достовірно відрізняються ($p \leq 0,05$). Високий вміст органічних речовин призводить до різкого падіння концентрації кисню та можливих заморів риби, особливо влітку, коли розчинність кисню у воді значно знижена.

На рисунку 2 наведено дані щодо динаміки показника хімічного споживання кисню (ХСК_{Мп}), який змінювався від 15 до 23 мг О/дм³ у воді р. Десни до впадіння приток (вище м. Чернігова); від 34,4 до 52,25 мг О/дм³ — у воді р. Стрижень; від 54,1 до 72,1 мг О/дм³ — у воді р. Білоус та від 30,1 до 41,8 мг О/дм³ — у воді р. Десни після впадіння приток (нижче м. Чернігова) за період 2021—2023 рр. У 2023 р. спостерігалась найбільш достовірна відмінність ХСК_{Мп} ($p \leq 0,01$) у воді р. Десни нижче м. Чернігова, порівняно з водою вище м. Чернігова, як наслідок забруднення води притоками Стрижень ($52,25 \pm 10,4$ мг О/дм³) і Білоус ($70,2 \pm 14,0$ мг О/дм³). ХСК_{Мп} є важливою санітарно-гігієнічною характеристикою

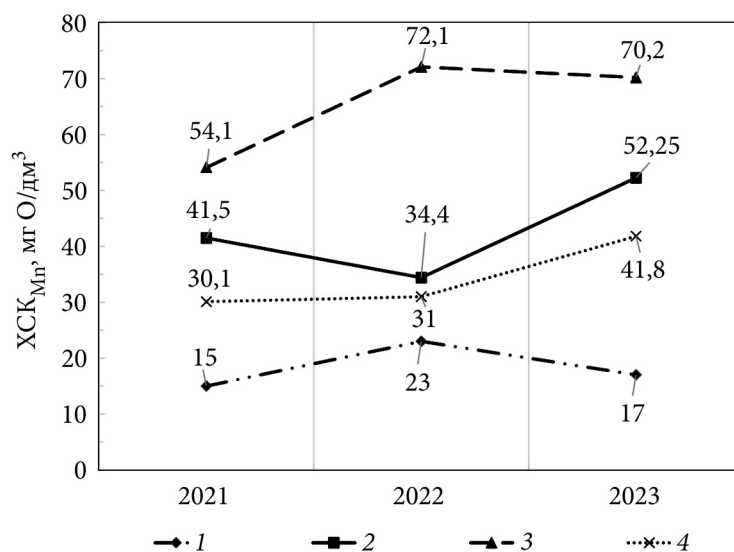


Рис. 2. Динаміка хімічного споживання кисню ($\text{ХСК}_{\text{Мп}}$) у воді річок Десна, Стрижень та Білоус протягом 2021—2023 рр.

кою, показником, що відображає ступінь забруднення води приток Стрижня та, особливо, Білоус внаслідок впливу антропогенних чинників (стічні води та сільськогосподарські стоки). Крім того, внаслідок військових дій на Чернігівщині та спричинених ними техногенних забруднень (руйнування мостів, дамб та берегової лінії) [23], у водойми потрапило багато недостатньо очищених промислових вод, мінеральних речовин (сірководень, сульфіти, залізо (II)), що також погіршує якість води цих приток р. Десни.

На рисунку 3 зображено зміну концентрації нітрогену амонійного у воді річок Десна, Стрижень та Білоус за 2021-2023 рр. Цей показник змінювався у воді р. Стрижень відповідно по роках: 1,02; 1,31; 1,28 мг N/дм³ та був найбільший у 2022 р. (на 33% та на 3%, порівняно з 2021 та 2023 рр.), причому у 2023 р. перевищив норму ГДК для водойм рибогосподарського призначення у 2 рази. Коливання концентрації нітрогену амонійного у воді р. Білоус відповідно рокам є: 1,77; 1,59; 3,09 мг N/дм³. Цей показник у 2023 р. перевищив норму ГДК для водойм рибогосподарського призначення у 5 разів. Концентрація амонію вказує на розкладання органічних речовин та наявність неочищених стічних вод. Попередні дослідження виявили збільшення концентрації амонію у весняно-літній період [9, 16], що свідчить про значне антропогенне навантаження внаслідок площинного змиву дощових та талих вод майже з усієї території м. Чернігова, надходження промислових та побутових стоків, а також через викидання побутових відходів населенням. Підвищення концентрації сполук азоту у 2022 р. і, особливо, у 2023 р. можна пояснити впливом бурого газу (NO_2), який утворюється, як і низка інших

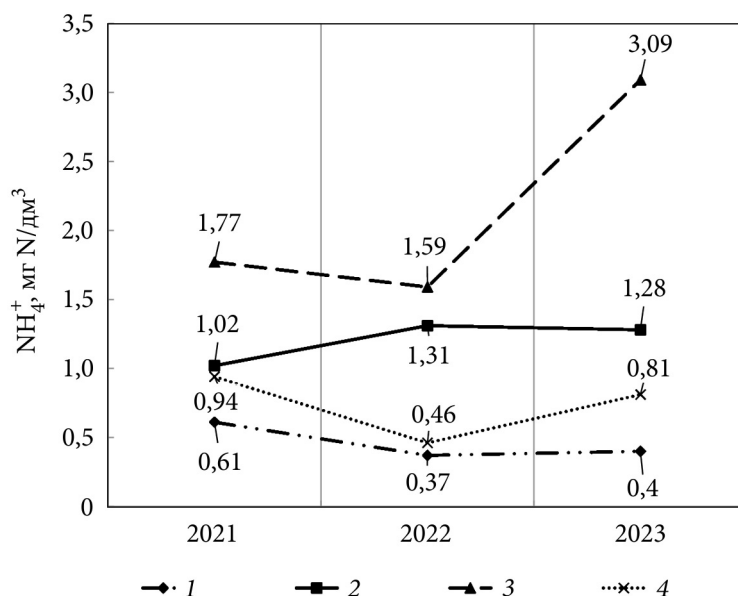


Рис. 3. Динаміка концентрації нітрогену амонійного (NH_4^+) у воді річок Десна, Стрижень, Білоус протягом 2021—2023 рр.

хімічних сполук, зокрема чадний та вуглекислий газ і водяна пара, внаслідок вибухів та детонації військових ракет, артилерійських снарядів та мін [14]. Бурий газ важчий за повітря, реагує з водою шляхом абсорбції. Крім того, науковці підраховали, що в процесі окиснення 1 кг вибухівки в повітря потрапляють десятки кубічних метрів токсичних газів: SO_2 , NO_2 , CO та ароматичні вуглеводні бензенового ряду [23].

На рисунку 4 наведено дані щодо концентрації нітрогену нітритного, яка змінювалась від 0,033 до 0,17 мг N/дм³ у воді р. Десни; від 0,11 до 0,18 мг N/дм³ у воді р. Стрижень та від 0,099 до 0,9 мг N/дм³ у воді р. Білоус за досліджуваний період. Найбільшу концентрацію цієї речовини зареєстровано у 2022 р. у воді р. Стрижень (на 45 % більше, ніж у р. Білоус та на 74 % більше, ніж середні значення у р. Десні). Але в 2021 і 2023 рр. збільшення концентрації нітритного нітрогену спостерігалось у р. Білоус, що корелює з підвищеним вмістом цієї речовини у воді р. Десни нижче м. Чернігова та має достовірну відмінність ($p \leq 0,01$) порівняно зі створом забору води вище м. Чернігова. Річка Білоус, яка має коритоподібну долину завширшки 2 км, зазнає значного антропогенного навантаження внаслідок господарського освоєння та масової забудови прилеглих територій (села Старий Білоус, Павлівка, Трисвятська Слобода, численні садівничі товариства та агрофірми), які призводять до розорювання прибережних смуг. Це порушує гідрологічні зв'язки між заплавою і руслом та впливає на природний гідрологічний режим річки, спричиняючи підтоплення забудованої заплави. До того ж для р. Білоус основним джерелом забруд-

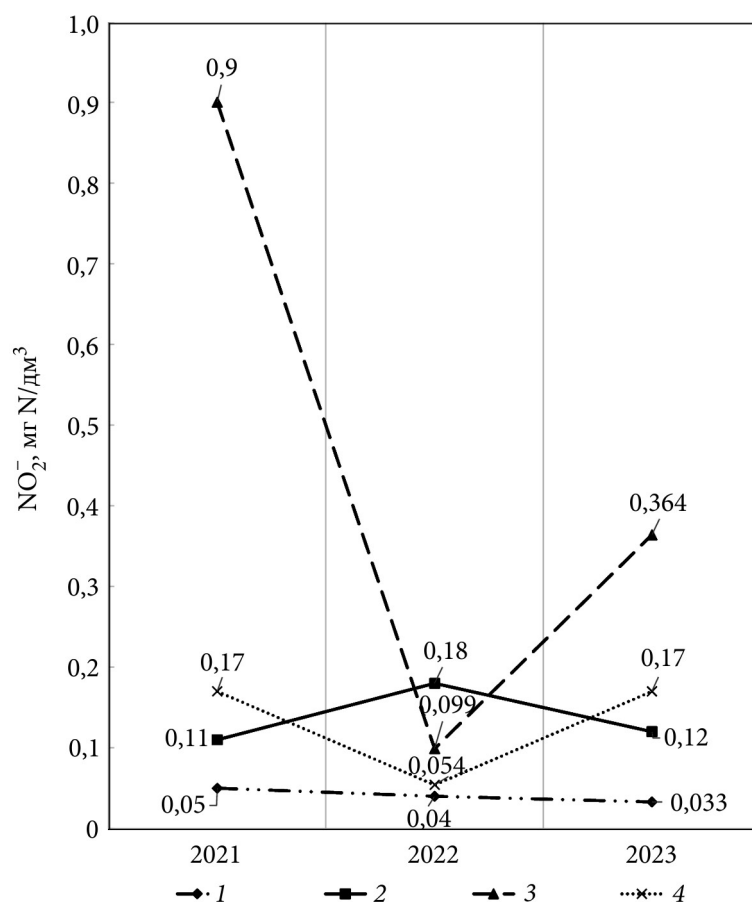


Рис. 4. Динаміка концентрації нітрогену нітритного (NO_2^-) у воді річок Десна, Стрижень, Білоус протягом 2021—2023 рр.

нення є скид недостатньо очищених стічних вод. Така ж тенденція, а саме зростання забруднення води сполуками азоту у р. Ірпень після впадіння в неї лівої притоки (р. Рокач) була показана й іншими авторами [5].

На рисунку 5 зображено зміну концентрації загального заліза (Fe^{2+} і Fe^{3+}) за період 2021—2023 рр. у воді річок Стрижень (0,36; 0,42; 4,9 мг/дм³), Білоус (0,78; 0,83; 5,04 мг/дм³) та Десна після впадіння цих приток (0,41; 0,26; 3,81 мг/дм³). У 2023 р. спостерігалось істотне перевищення ГДК у воді річок Стрижень та Білоус, що супроводжувалось відповідним підвищенням концентрації загального заліза (Fe^{2+} і Fe^{3+}) у воді р. Десни нижче м. Чернігова порівняно з водою вище м. Чернігова ($p \leq 0,01$). Відповідно до наших попередніх досліджень річок Чернігівської області, спостерігається тенденція до збільшення концентрації загального заліза у літньо-осінній період, особливо у серпні-вересні, що пов'язано з надходженням неочищених або недостатньо очищених стічних вод, а також з поверхневим стоком з урбанізованих територій під час інтенсивних дощів [6,

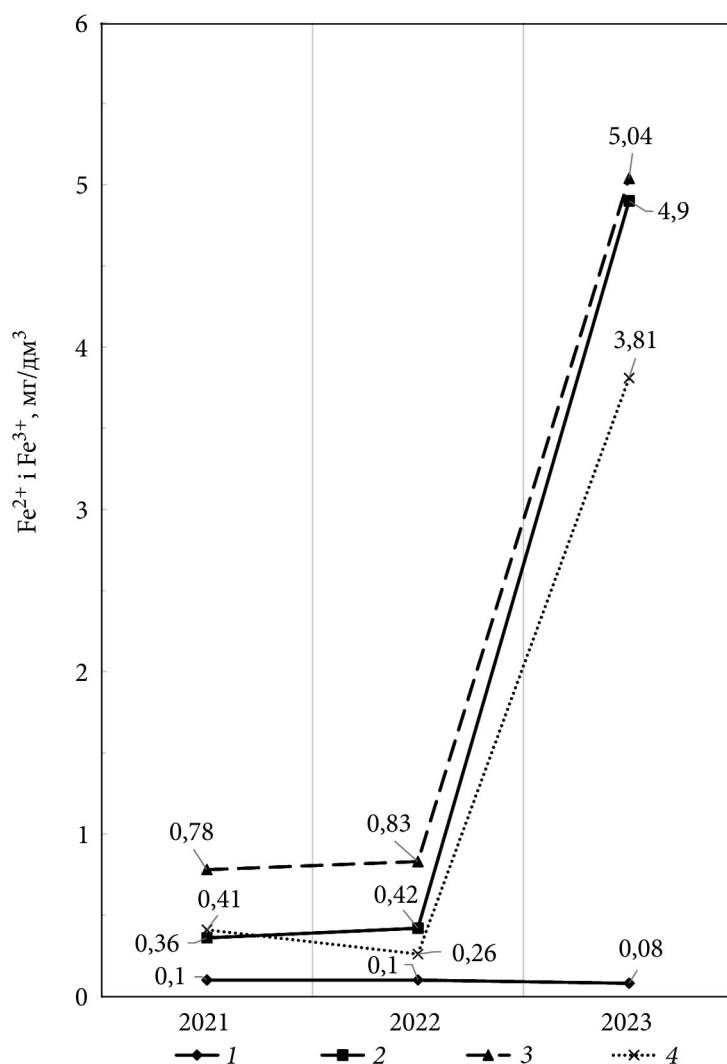


Рис. 5. Динаміка концентрації заліза загального (Fe^{2+} і Fe^{3+}) у воді річок Десна, Стрижень, Білоус протягом 2021—2023 рр.

8]. Загальне залізо (Fe^{2+} і Fe^{3+}) є важливим показником забруднення води, яке може мати природне або антропогенне походження. Чернігівське Полісся відноситься до гумідної зони, ґрунтові та дренажні води якої мають підвищену концентрацію органічних сполук гумінового ряду (гумусові кислоти). Головним джерелом надходжень гумусових кислот (гумінової та фульвокислоти) в ґрунті, дренажні та поверхневі води є ґрунти та торфовища болотистої та лісної місцевості області, з яких вони вимиваються дощовими та дренажними водами [6]. Це може бути пов'язане з процесами, які описані у статті [5]. Відомим є факт, що джерелом водного гумусу у міських водоймах і водотоках можуть бути деякі

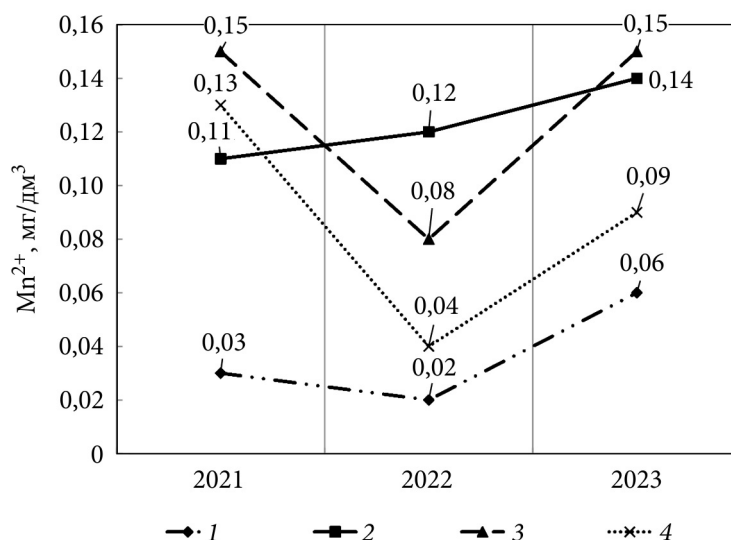


Рис. 6. Динаміка концентрації мангану (Mn^{2+}) у воді річок Десна, Стрижень, Білоус протягом 2021—2023 рр.

сполуки стічних вод, які трансформуються в автохтонні гумусові речовини (ГР), які близькі за складом і структурою до ґрунтових ГР і зумовлюють збільшення концентрації загального заліза та мангану.

На рисунку 6 показано зміну концентрації мангану (Mn^{2+}) у воді річок Десна, Стрижень, Білоус протягом 2021—2023 рр. У 2022 р. концентрація мангану у воді р. Стрижень (0,12 мг/дм³), порівняно з водою річок Десна нижче м. Чернігова (0,04 мг/дм³) та Білоус (0,08 мг/дм³), виявилася найбільшою (перевищення у 12 разів норми ГДК). Причому у створі забору води р. Десни нижче м. Чернігова спостерігалось перевищення норми ГДК у 4 рази. Концентрація мангану тут була вдвічі вищою, ніж у воді зі створу вище м. Чернігова. Що стосується р. Білоус, то перевищення норми ГДК тут було у 8 разів. У 2023 р. найбільш забрудненою по мангану виявилася вода р. Білоус (0,15 мг/дм³), з перевищенням у 15 разів норми ГДК. Концентрація мангану в р. Десна (нижче м. Чернігова) перевищила ГДК у 9 разів, а в 2021 р. — у 13 разів.

Отже, на забруднення манганом води р. Десни більшою мірою впливає вода р. Білоус, ніж р. Стрижень, що підтверджується достовірною відмінністю ($p \leq 0,01$) по концентрації мангану у воді р. Десни нижче м. Чернігова порівняно з водою створу вище м. Чернігова у 2021—2023 рр. (див. табл. 1). Ще однією причиною збільшення концентрації мангану та феруму у воді досліджуваних річок є їх вимивання з кристалічних порід Українського щита. Це абіотичний чинник, але швидкість цього процесу залежить від антропогенного впливу. Автори [10], ґрунтуючись на роботах [28, 29, 30], стверджують, що частина металів, яка сконцентрована у мінеральній (кристалічній) структурі, характеризується ма-

лою розчинністю в незабруднених донних відкладах. Якщо донні відклади (ДВ) під дією антропогенних чинників забруднені, то значна частина металів знаходиться у фракціях, які здатні до десорбції металів за формування певних фізико-хімічних умов у придонному горизонті води на межі дотику з ДВ [25, 31]. До цих умов відносяться: збільшення мінералізації і зменшення рН води, тривалий дефіцит O_2 у придонному горизонті. Манган в цих умовах має високу міграційну здатність [10], що узгоджується з результатами досліджень інших авторів [26].

Таким чином, для збереження чистоти р. Десни, яка забезпечує питною водою м. Київ, слід звернути увагу на якість води її приток: річок Білоус і Стрижень. Необхідними є реконструкція очисних споруд та мережі водовідведення від житлових будинків м. Чернігова, очищення та поглиблення русла цих річок, зменшення замулення ложа. Крім того, можлива біологічна меліорація шляхом зариблення рослиноїдними видами риби: білим амуром, білим та строкатим товстолобом.

Висновки

Загальної тенденції відносно всіх забруднюючих речовин у досліджуваній воді протягом 2021—2023 рр. не виявлено, проте основною закономірністю є збільшення концентрації забруднюючих речовин у воді р. Десни у створі забору води нижче м. Чернігова (після надходження води приток Стрижня та Білоуса) порівняно з водою створу вище м. Чернігова. Найбільше на якість води р. Десни впливають води р. Білоус, де основними джерелами забруднення води є підприємства комунального господарства, скид недостатньо очищених стічних і промислових вод, засмічення побутовими відходами, поверхневий стік з урбанізованих та сільськогосподарських угідь під час інтенсивних дощів, а також техногенні забруднення внаслідок військових дій (антропогенні чинники). До абіотичних факторів відносять наявність торфу в долині р. Білоус та вимивання феруму і мангану з кристалічних порід Українського щита. Встановлено достовірне збільшення концентрації наступних показників: XCK_{Mn} , концентрації нітрогену нітритного (2021 р.), заліза загального (Fe^{3+} і Fe^{2+}) та мангану в 2021—2022 рр. У 2023 р. збільшилась кількість показників, що мають достовірне перевищення ГДК, зокрема: BSK_5 , XCK_{Mn} , вміст нітрогену амонійного та нітритного, заліза загального (Fe^{3+} і Fe^{2+}) та мангану. Крім вказаних причин підвищення концентрації сполук азоту у 2022 р. та, особливо, у 2023 р. можна пояснити також наслідком військових дій на Чернігівщині.

Для збереження чистоти води річок Стрижень, Білоус та Десна необхідним є очищення та поглиблення русла цих річок, зменшення замулення ложа. Крім того, є потреба у впровадженні нових технологій, серед іншого — багаторазове використання очищених стічних вод в технологічних процесах, реконструкція очисних споруд та мережі водовідведення від житлових будинків м. Чернігова. Для покращення екологічного стану цих річок необхідне відновлення їхніх природних екосистем шля-

хом зариблення рослинними видами риб: білим амуром, білим та строкатим товстолобом, тобто проведення біологічної меліорації.

Список використаної літератури

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2021 рік. Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації. Чернігів. 2021. 260 с. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15801&tp=1&pg=>
2. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2022 рік. Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації. Чернігів. 2022. 246 с. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15801&tp=1&pg=>
3. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2023 рік. Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації. Чернігів. 2023. 231 с. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15801&tp=1&pg=>
4. Жежеря В.А., Линник П.М. Особливості динаміки окремих елементів гідрохімічного режиму малих водойм урбанізованої території: співіснуючі форми металів. *Гідробіол. журн.* 2022. Т. 58, № 3. С. 97—119.
5. Жежеря Т.П., Жежеря В.А., Линник П.М., Осипенко В.П. Гідрохімічна характеристика малих річок і водойм в межах урбанізованої території. *Гідробіол. журн.* 2024. Т. 60. № 5. С. 97—118.
6. Жиденко А.А., Кривопиша В.В. Источники загрязнения реки Десна в границах Черниговской области и их влияние на вылов рыбы: Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології: Матеріали VI Міжн. іхтіол. наук.-практ. конф. (Тернопіль, 9—12 жовт. 2013 р.). Тернопіль: Вектор, 2013. С. 89—92.
7. Жиденко А.О., Паперник В.В. Моніторинг водних екосистем у контексті змін нормативної бази України на прикладі Чернігівської області. VIII з'їзд Гідроекол. тов-ва України «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів», присвяченого 110 річчю заснування Дніпровської біологічної станції (Київ, 6—8 лист. 2019 р.). Київ, 2019. С. 321—323.
8. Кривопиша В.В., Жиденко А.О. Оцінка якості води річки Лисогор (Чернігівська обл.). *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Серія: Біологія.* 2013. № 2 (55). С. 59—62.
9. Кривопиша В.В., Жиденко А.О. Зміни хімічного складу води річок Десна, Стрижень, Білоус та їх вплив на життєдіяльність риб: Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології: Матеріали IX Міжн. іхтіол. наук.-практ. конф. (Одеса, 14—16 вер. 2016 р.). Одеса: Одеський держ. екол. ун-т, 2016. С. 141—144.
10. Линник П.М., Жежеря В.А., Линник Р.П. Міграційна здатність та потенційна біодоступність металів у донних відкладах поверхневих водних об'єктів (хіміко-аналітичні аспекти). *Гідробіол. журн.* 2024. Т. 60. № 4. С. 100—120.
11. Малі річки України NOVA ECOLOGIA Нова екологія URL: <http://www.nova-ecologia.org/voecos-2112-1.html> (дата звернення: 10.10.2024).
12. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
13. Мирон І.В. Використання та якість води річки Десни в межах Чернігівської області. *Наук. праці УкрНДГМІ.* 2003. Вип. 251. С. 150—155. https://uhmi.org.ua/pub/np/251/19_Muron.pdf
14. Панченко О. Як обстріли та бої впливають на наше довкілля. Запитуємо в українських та міжнародних фахівців (<https://www.the-village.com.ua/village/city/eco/326103-yak-strazhdae-ekologiya-cherez-obs>).
15. Паперник В.В., Жиденко А.О. Динаміка гідрохімічних показників річок Чернігівської області. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Серія: Біологія.* 2017. № 3 (70). С. 100—105.
16. Паперник В. В., Жиденко А. О. Характеристика та заходи поліпшення екологічного стану р. Стрижень: Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології:

Матеріали Х Міжнар. іхтіол. наук.-практ. конф. (Київ, 19—21 вер. 2017 р.). Київ, 2017. С. 266—271.

17. Паперник В. Жиденко А. Гідрохімічні показники середніх річок, приток р. Десни в умовах забруднення важкими металами. Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату: Колективна монографія. Slupsk: Pomorska akademia, 2017. Р. 163—170.

18. Паперник В.В., Жиденко А.О. Динаміка гідрохімічних показників річок Десна і її притоки Стрижень. Освітні та наукові виміри природничих наук [Електронний ресурс]: зб. матеріалів III Всеукр. заоч. наук. конф. (м. Суми, 9 лист. 2022 р.). Суми: Сум. держ. пед. ун-т, 2022. С. 47—48.

19. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами від 05.03.2021 № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (дата звернення: 10.10.2024).

20. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення від 02.05.2022 № 721. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#n13> (дата звернення: 10.10.2024).

21. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії: підручник. Київ: Ніка-Центр, 2012. 312 с.

22. Чугай А.В., Глод А.В. Аналіз забруднення вод р. Десна в межах Чернігівської області: I Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю «Екологія. Довкілля. Енергозбереження». Полтава: Полтав. політехніка, 2020. С. 75—77.

23. Екологічні наслідки і ризики воєнних дій на Чернігівщині / Л. Юрків та ін. Чернігів: Десна Поліграф, 2024. 60 с.

24. Ялівщина і Стрижень — частинки однієї екосистеми. Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=228427&tp=0> (дата звернення: 10.10.2024).

25. Baran A., Tarnawski M. Assessment of heavy metals mobility and toxicity in contaminated sediments by sequential extraction and a battery of bioassays. *Ecotoxicology*. 2015. Vol. 24. P. 1279—1293. DOI 10.1007/s10646-015-1499-4

26. Betancourt C., Jorge F., Surez R. et al. Manganese sources and cycling in a tropical eutrophic water supply reservoir, Paso Bonito Reservoir, Cuba. *Lake and Reservoir Management*. 2010. Vol. 26. P. 217—226.

27. Chugai A., Hlod A., Pylypiuk V. State and quality of water in the Desna river basin (within the Chernigiv region). *J. Environ. Probl.* 2021. Vol. 6, N 4. P. 226—232. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2021.04.226>

28. Ferrans L., Jani Y., Burlakovs J. et al. Chemical speciation of metals from marine sediments: Assessment of potential pollution risk while dredging, a case study in southern Sweden. *Chemosphere*. 2021. Vol. 263. Article number 128105. 9 p.

29. Klink A., Dambiec M., Polechoska L. Trace metal speciation in sediments and bioaccumulation in *Phragmites australis* as tools in environmental pollution monitoring. *Intern. J. Environ. Sci. Technol.* 2019. Vol. 16. P. 7611—7622.

30. Prabakaran K., Nagarajan R., Eswaramoorthi S. et al. Environmental significance and geochemical speciation of trace elements in Lower Baram River sediments. *Chemosphere*. 2019. Vol. 219. P. 933—953.

31. 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. J. Geochem. Explor.* 2018. Vol. 184. P. 199—208.

Надійшла 11.11.2024

A.O. Zhydenko, Dr. Sci. (Biol.), Full Professor,
T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
Chernihiv, Hetmana Polubotka str., 53, Ukraine,
e-mail: zaa2006@ukr.net,
ORCID:0000-0002-3070-1575

V.V. Papernyk, PhD (Biol.), Associate Professor,
T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
Chernihiv, Hetmana Polubotka str., 53, Ukraine,
e-mail: kvv2009@ukr.net
ORCID:0000-0002-3219-9523

MONITORING OF HYDROCHEMICAL INDICATORS OF THE DESNA,
STRYZHEN, BILOUS RIVERS

The article analyses the dynamics of hydrochemical indicators of the Desna River and its tributaries Stryzhen and Bilous during 2021—2023. Qualitative and quantitative changes in the following parameters are described: dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand ($ChOD_{Mn}$), phosphate ions, ammonium, nitrite and nitrate nitrogen, total iron (Fe^{3+} and Fe^{2+}) and manganese in the water of the rivers: Desna, Stryzhen, Bilous. An increase in the concentration of pollutants in the water of the Desna River below the city of Chernihiv (after the tributaries Stryzhen and Bilous flow into it), compared to the water above the city of Chernihiv, was detected. A significant increase in the concentration of the following indicators was established: $ChOD_{Mn}$, nitrite nitrogen, total iron (Fe^{3+} and Fe^{2+}) and manganese in 2021—2022. In 2023, the number of indicators with a significant difference in exceeding the MPC increased, in particular: BOD_5 , $ChOD_{Mn}$, ammonium and nitrite nitrogen, total iron (Fe^{3+} and Fe^{2+}) and manganese. The water quality in the Desna River below the city of Chernihiv depends on abiotic factors: soil composition, water and air temperature, atmospheric pressure, precipitation, but to a greater extent on anthropogenic factors: the inflow of pollutants with surface runoff, discharge of untreated and insufficiently treated municipal wastewater and industrial waters; technogenic pollution due to military operations. The water quality of the Desna River is most affected by the waters of the Bilous River.

Key words: *Chernihiv Polissya (humid zone), BOD_5 , $ChOD_{Mn}$, ammonium and nitrite nitrogen, total iron (Fe^{3+} and Fe^{2+}), manganese, sources of pollution, recommendations.*