

ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНОГО БАСЕЙНУ Р. ТЕТЕРІВ

І.В. Шумигай¹, Н.М. Манішевська², Д.М. Постосенко³, В.В. Мороз^{1,4}

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0432-2651

² ВСП «Боярський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»
(м. Боярка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна)
e-mail: manishevskan@ukr.net

³ Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича»
(м. Київ, Україна)
e-mail: dmytroiap@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8551-5809

⁴ Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)
e-mail: vera_moroz@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1457-4641

На сьогодні водно-екологічна ситуація в Україні є близькою до кризової. Великі міста використовують для водопостачання, переважно, річкову воду. Якість води р. Тетерів визначається, по-перше, природними комплексами із розосередженими джерелами важких металів, теригенних і органічних речовин, по-друге, антропогенними хімічними джерелами елементів, локалізованими у містах на берегах річки та її приток. У роботі здійснено моніторинг гідрохімічного складу води р. Тетерів, який є однією з найважливіших характеристик, що визначає як можливості господарського використання вод, так і їх вплив на формування й зміни у самій річці та в межах її водозабору. За допомогою формули Курлова у статті виявлені хімічні типи поверхневих вод. Серед великого різноманіття методів та методик оцінки природних рекреаційних ресурсів вагоме місце займає екологічна оцінка, як самостійний комплексний підхід. Була проведена оцінка екологічного стану басейну р. Тетерів. Моніторинг якості води поверхневих водойм свідчить про те, що незважаючи на значний спад промислового виробництва за останні роки та зменшення у зв'язку з цим скидання у водойми стічних вод, все-таки спостерігається тенденція до погіршення екологічного стану поверхневих джерел. Викиди в останні роки великої кількості стічних вод у недостатньо очищеному або просто неочищеному вигляді призвів до того, що наразі всі поверхневі водні джерела України за рівнем вмісту забруднюючих речовин наблизились до III–V класу. Гідрохімічний аналіз і розрахунок класу чистоти — індексу забруднення води (ІЗВ) — підтвердили негативні зміни, що відбуваються наразі у водоймі. Також проаналізовані основні чинники, що впливають на зміну інгредієнтів природного водойму. А також запропоновано сучасний спосіб комплексної оцінки, заснований на графічному методі складання модель-карти якості водойми.

Ключові слова: гідроекосистема, моніторинг, забруднення водойми, якість води, формула Курлова, математичне моделювання.

ВСТУП

Дедалі більший антропогенний вплив на довкілля виділяє низку проблем, пов'язаних із встановленням характеру, масштабів і наслідків впливу забруднюючих речовин на водні екосистеми, що досягло критичних рівнів, а на багатьох річках перевищило їх.

Основною причиною такого екологічного стану є нехтування впродовж тривалого часу об'єктивними законами розвитку та відтворення водно-ресурсного потенціалу. Для вирішення подібних завдань необхідна детальна інформація щодо стану водних екосистем.

Головними забруднювачами водних басейнів України є комунальне й сільське господарство, хімічна, металургійна та

гірничодобувна промисловість. Особливо тривожним є той факт, що за останні роки зросли не тільки рівні забруднення скидів стічних вод, але й їх обсяги, які загалом не очищуються (в 1,7–2,1 раза). З огляду на це, під загрозою знаходиться збереження основних функцій чистої прісної води, зокрема середовища існування гідробіонтів та життєво необхідного екологічного чинника існування людини. Наразі оцінка, прогнозування та розробка заходів щодо поліпшення якості водного середовища стає дедалі більш актуальною [1; 2].

Найбільш інтенсивному антропогенному впливу піддаються річки, розташовані або протікають через населені пункти. Важливим завданням, спрямованим на охорону поверхневих вод, є виявлення джерел забруднення та оцінка їх впливу на якісні показники води. У сучасних умовах використання єдиного засобу для оцінки ступеня забруднення не дасть змогу визначити весь спектр впливу всезростаючої кількості полютантів, що містяться у воді водотоків, тому існує необхідність у дослідженнях, які поєднують кілька методів [3].

Слід зазначити, що накопичення до цього часу великої кількості даних щодо хімічного складу поверхневих вод, які відрізняються нерівноцінністю та нерівнозначністю потребувало застосування таких методів їх оброблення, які дали можливість б усю інформацію «привести до знаменника». Такі методи вченими були розроблені на основі ймовірно-статистичного аналізу. Застосування останнього у гідрохімії та екології обґрунтовується тим, що вміст хімічних елементів у природних водах — величина випадкова, яка залежить від впливу великої кількості чинників, які, своєю чергою, змінюються під впливом багатьох причин.

Основою для вивчення взаємозв'язку хімічного складу поверхневих вод є дослідження і систематизація емпіричних закономірностей розподілу хімічних елементів у конкретних об'єктах. Тому першочерговим завданням дослідження було виділення однорідних гідрохімічних сукупностей і встановлення виду функцій їх розподі-

лу для побудови математичних моделей розповсюдження вмісту елементів у водах басейну р. Тетерів, а також встановлення якості води.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Хімічний склад та екологічна якість поверхневих вод є похідними від фізико-географічних умов і літології підстилаючих порід (екотопу), внутріводних біологічних продукційно-деструкційних процесів, а також структури стану та рівня використання (трансформації) біогеоценозів поверхні водозбору. Саме водне середовище є біокосним тілом, зв'язаним з неживою та живою речовиною. Цей аспект порушували такі вчені, як: Г.Д. Коненко (1952), О.А. Альокін (1970), Ю. Одум (1986), А.В. Яцик (1992), Й.В. Гриб (1999), М.А. Голубець (2000), С.І. Сніжко (2001), В. Хільчевський (2002) та ін. [4–11].

Нині екологічний стан водних об'єктів визначають на підставі екологічної класифікації якості поверхневих вод.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Якість води значною мірою залежить від її йонного складу. Для переважної більшості природних вод загальний солеміст доволі чітко визначається катіонами (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) і аніонами (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-). Інші йони зазвичай присутні у незначних кількостях, але можуть істотно впливати на властивості та якості води.

Впродовж 2020 р. авторами був проведений моніторинг у створах басейну р. Тетерів на території Іванківського р-ну Київської обл. та Коростенського р-ну Житомирської обл. Згідно із ДСТУ ISO 5667-6:2009 [12] проби води відбиралися у трьохкратній повторності (при $P=0,95$) для отримання надійної та достовірної інформації щодо хімічного складу.

Хімічний аналіз здійснювався згідно із загальноприйнятими методиками [13], які наведені у табл. 1.

Традиційно, хімічний склад також був оцінений, розраховуючи формулу Кур-

Таблиця 1. Використані методи для дослідження води

| № | Показник | Нормоване значення показника | Назва методики | Державний стандарт |
|----|--|------------------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | pH | 6,5–8,5 | Потенціометричний | ДСТУ ISO 4077-2001 |
| 2 | Твердість заг., ммоль-екв/дм ³ | 7 | Титриметричний | ДСТУ ISO 6059:2003 |
| 3 | HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³ | 250 | Потенціометричний | ДСТУ ISO 9963-2:2007 |
| 4 | NO ₃ ⁻ , мг/дм ³ | 45 | Фотометричний | ДСТУ 7890-1:2003 |
| 5 | NO ₂ ⁻ , мг/дм ³ | 3,3 | Фотометричний | ДСТУ ISO 6777:2003 |
| 6 | SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³ | 500 | Фотометричний | ГОСТ 4389-82 |
| 7 | Cl ⁻ , мг/дм ³ | 350 | Титриметричний | ДСТУ ISO 9393-1:2003 |
| 8 | Fe ³⁺ , мг/дм ³ | 0,5 | Фотометричний | ДСТУ ISO 6332:2003 |
| 9 | Mn, мг/дм ³ | 0,1 | Фотометричний | ГОСТ 4974-72 |
| 10 | Ca ²⁺ , мг/дм ³ | 180 | Титриметричний | ДСТУ ISO 6058:2003 |
| 11 | Mg ²⁺ , мг/дм ³ | 40 | Титриметричний | ДСТУ ISO 6059:2003 |
| 12 | K ⁺ , мг/дм ³ | 50 | Фотометричний | ДСТУ ISO 9964-3:2015 |
| 13 | Na ⁺ , мг/дм ³ | 120 | Фотометричний | ДСТУ ISO 9964-3:2015 |

лова, що представляє собою псевдодріб, у чисельнику якого в порядку спадання вказується процентний уміст аніонів, а в знаменнику — катіонів.

Серед великого різноманіття методів та методик оцінки природних рекреаційних ресурсів вагоме місце займає екологічна оцінка, як самостійний комплексний підхід. Більшість вчених вважають [1; 6; 11], що саме екологічна оцінка повинна передувати будь-яким іншим методам дослідження водних рекреаційних ресурсів. Це зумовлено зростаючим антропогенним впливом на природні водойми, і як наслідок — загрозливий стан гідроекосистем.

Нині для дослідження гідроекологічного стану річкових вод басейну Тетерева використовувався гіdroхімічний індекс забруднення води (ІЗВ), розроблений Держкомгідрометом СРСР [13], який належить до категорії показників, що найчастіше застосовуються для оцінки якості води водних об'єктів. Це одна з найпростіших методик комплексної оцінки якості.

Для поверхневих вод розрахунок ІЗВ здійснювався для кожного пункту (створу) за формулою:

$$ІЗВ = 1/n \sum (C_i/ГДК_i), \quad (1)$$

де C_i — середнє за рік значення i -го показника; $ГДК_i$ — гранично допустима концентрація i -ї забруднюючої речовини; n — кількість виміряних показників.

Першому класу якості води «дуже чиста» відповідає величина ІЗВ — менше 0,3, а сьомому «надзвичайно брудна» — понад 10 (табл. 2).

Також класифікація включає перелік гіdroфізичних, гіdroхімічних, гіdroбіологічних, бактеріологічних, токсикологічних та інших показників, які відображають особливості абіотичної й біотичної складових водних екосистем. Саме тому Й.В. Гриб [14] запропонував визначати комплексний екологічний індекс стану водних екосистем (I_e) за такою формулою:

$$I_e = \sum (IA_{\max} + IB_{\max} + IC_{\max})/3, \quad (2)$$

де IA_{\max} — максимальне значення гіdroхімічного параметра; IB_{\max} — максимальне значення трофосапробіологічного показника; IC_{\max} — максимальне значення токсикологічного параметра.

Гіdroхімічний блок включає мінералізацію води, вміст сульфатів та хлоридів,

Таблиця 2. Класифікація якісного стану поверхневих вод за величиною індексу забруднення вод (ІЗВ)

| Клас | Характеристика | Значення ІЗВ |
|------|--------------------|-----------------|
| 1 | Дуже чиста | $ІЗВ < 0,3$ |
| 2 | Чиста | $0,3 < ІЗВ < 1$ |
| 3 | Помірно забруднена | $1 < ІЗВ < 2,5$ |
| 4 | Забруднена | $2,5 < ІЗВ < 4$ |
| 5 | Брудна | $4 < ІЗВ < 6$ |
| 6 | Дуже брудна | $6 < ІЗВ < 10$ |
| 7 | Надзвичайно брудна | $ІЗВ > 10$ |

трофосапробіологічний — вміст завислих речовин, ХСК, БСК₅, розчинений кисень, азот амонійний, нітратний, нітритний, фосфати, біомасу фітопланктону та індекс сапробності. До токсикологічного блоку належать речовини токсичної та радіаційної дії: мідь, хром, манган, цинк, феноли, нікель тощо.

В екологічній класифікації стану якості поверхневих вод значення *Ie* для п'яти класів (дуже чиста, чиста, забруднена, брудна, дуже брудна) характеризується таким чином: I клас — еталон $< 1,0$ (природні sukcesії ГДК); II клас — стан добрий $< 3,0$ (розхитування екосистеми); III клас — стан задовільний $< 8,0$ (випадання окремих видів); IV клас — стан перехідний $< 21,0$ (порушення трофічних зв'язків); V клас — стан незадовільний $> 21,0$ (екологічна криза) [1].

Математичне моделювання — складова екологічного прогнозу, яке включає у себе групу методів, що дають змогу створювати моделі та описувати процеси, що відбуваються в екосистемах. Наразі математичне моделювання та експерименти з модельними екосистемами не є єдиним методом прогнозування антропогенного впливу на водні об'єкти, оскільки існують нові моделі гідрологічного режиму водозабірних басейнів, зокрема геоінформаційні моделі водозаборів, цифрової моделі місцевості, цифрові моделі рельєфу [15; 16]. Однак у цій статті пропонується більш простий метод комплексної оцінки гідрохімічного стану водойм, заснований на графічному

методі складання модель-карт якості поверхневих вод [17].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для об'єкта досліджень авторами була обрана права притока Дніпра, що протікає на Придніпровській височині та Поліссі, які потребують постійної уваги до себе вчених та практиків різних галузей. На прикладі р. Тетерів, що є однією з основних річок Київської та Житомирської обл., води якої використовуються для потреб різних сфер народного господарства, були проведені комплексні екологічні дослідження, які спрямовані на отримання інформації щодо сучасного екологічного стану басейну річки та масштабів впливу антропогенної діяльності.

Виток р. Тетерева бере початок на Волино-Подільській височині, на висоті 310 м над рівнем моря та впадає у Київське водосховище праворуч, 85 км від Києва. Її довжина становить 385 км, ширина — у межах 12–40 м, загальна площа басейну — 15300 км² (рис. 1).

До Радомишля Тетерів тече у вузькій долині з крутими або помірно крутими схилами, місцями — у скелястій ущелині, порослій сосновим лісом (біля с. Денишів, Житомира, Коростишева). Русло кам'янисте, поріжки, шивери, переكاتи йдуть один за одним. Нижче долина розширюється до 5 км, глибина до 40 м. Заплава частково заболочена, ширина до 2 км. Річище слабозвивисте, до Радомишля порожисте, ниж-

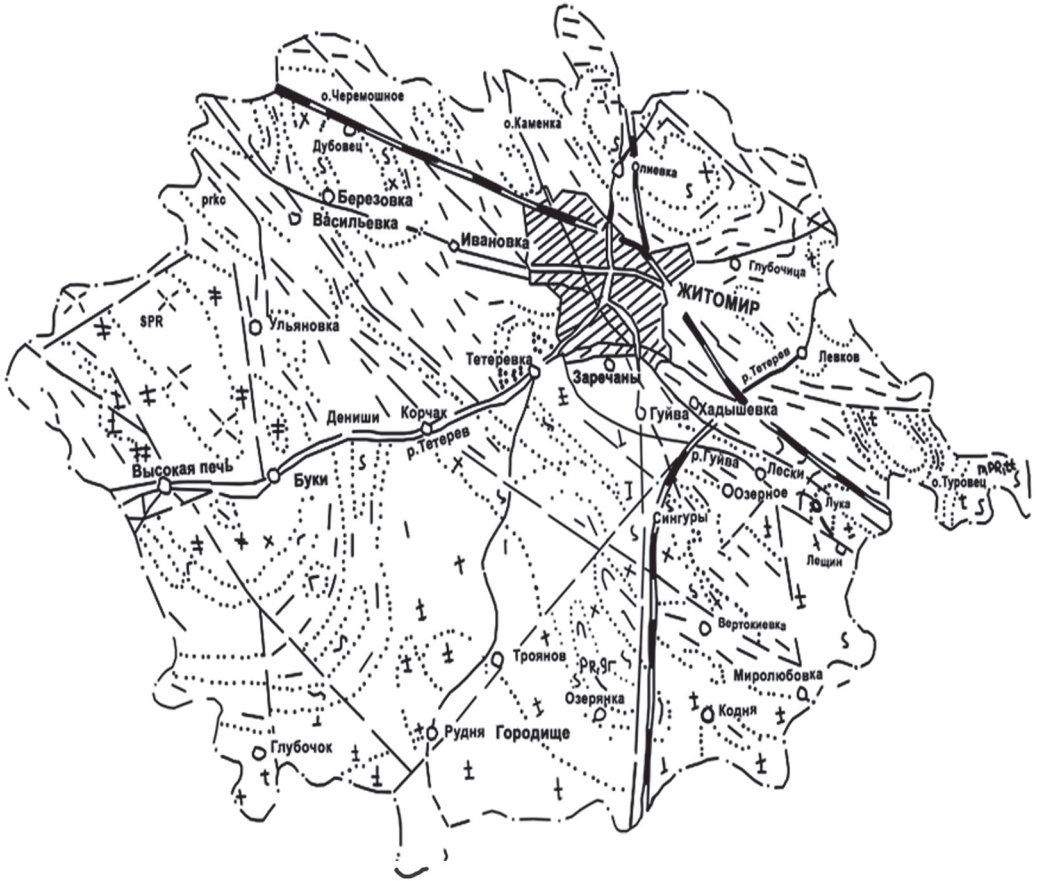


Рис. 1. Картохсхема басейну р. Тетерів [19]

че поділяється на рукави і протоки, має острови, старорічища; ширина до 120 м, глибина від 0,5 до 2,0 м. Похил річки 0,5 м/км². Основне її живлення — снігове і дощове [18; 19].

Нині дуже важливим чинником є атмосферна циркуляція. Характер та інтенсивність основних кліматоутворювальних чинників істотно розрізняється за сезонами року. Басейн р. Тетерів знаходиться у помірному кліматі. Літній період достатньо теплий і вологий: середньомісячна температура сягає 20°C, а річна сума атмосферних опадів — у межах 110–130 мм.

В останні десятиліття на більшій частині України тривалість і частота випадання слабких опадів зменшується, а сильних і дуже сильних зростає. Зливові опади з

інтенсивністю понад 0,5 мм/хв можуть викликати максимальні витрати дощових паводків і швидке підвищення рівнів малих річок. До того ж, витрати таких паводків можуть перевищити максимальні витрати від сніготанення. Щодо Центрального Полісся, впродовж року тривалість випадання твердих опадів становить близько 30%, а рідких — 70%. Таке співвідношення зумовлено тим, що в умовах сучасних м'яких зим і частих переходів температури повітря через 0°C спостерігається зростання випадіння у вигляді снігу і дощу при глибоких і тривалих відлигах. Середня інтенсивність опадів за теплий період становить трохи більше 1,6 мм/рік [20].

На території басейну р. Тетерів переважно розвинені масиви хвойних і міша-

них лісів. Серед ґрунтів на півночі переважають дерново-підзолисті, а у долині річки — дерново-глейові, лучні та болотні. На формування хімічного складу поверхневих, ґрунтових і підземних вод, зокрема на мінералізацію, вміст органічних та біогенних речовин нині істотно впливають ліси, а також ґрунтовий покрив. Так, вода за високих паводків і під час повені збагачується органічними кислотами, що підвищує її кольоровість, знижує рН та зменшує вміст гідрокарбонатів. У межень вплив залісеності проявляється слабо, і вода річок знову набуває гідрокарбонатно-кальцієвий склад. Подібний вплив природних чинників, звичайно, не виключаючи і антропогенний вплив зумовлює зміну складу гідрохімічного режиму річкових вод та їх забруднення [18; 21].

Загалом, упродовж останніх років на всій протяжності у басейні Дніпра спостерігали характерні перевищення значень ГДК порівняно із середньорічними показниками за такими сполуками, як залізо загальне, манган, нітрити, органічні речовини за показником БСК. Згідно із результатами досліджень, особливості гідрохімічного режиму річки басейну Тетерів проявляються

у коливанні рівня забрудненості води різними інгредієнтами, що характеризує як процеси антропогенного забруднення, так і самоочищення водних об'єктів за узагальненими показниками якості і властивостей річкової води.

Серед показників якості р. Тетерів, що досліджувалася авторами впродовж 2020 р. перевищення граничних допустимих концентрацій встановлено лише за такими сполуками, як залізо загальне та манган, які є найпоширенішими у поверхневих і підземних водах. Дані аналізів йонного складу води зручно зображувати графічно, зокрема на модель-карті. Остання — пелюсткова діаграма зі шкалами-радіусами, кожне ділення якої визначає середнє значення гідрохімічного показника якості води, а кількість радіусів дорівнює кількості гідрохімічних параметрів.

Результати аналізів проб води у контрольних створах р. Тетерів наведено на рис. 2, 3.

Проаналізувавши діаграми, можна зробити висновок, що у басейні р. Тетерів уміст показників заліза загального та мангану перевищує ГДК майже у 5 і 8 разів

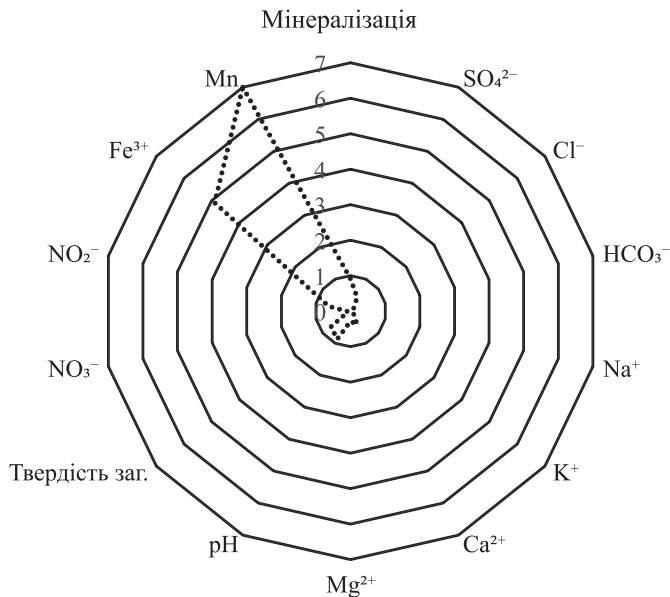


Рис. 2. Модель-карта гідрохімічного складу басейну р. Тетерів (Київська обл.)

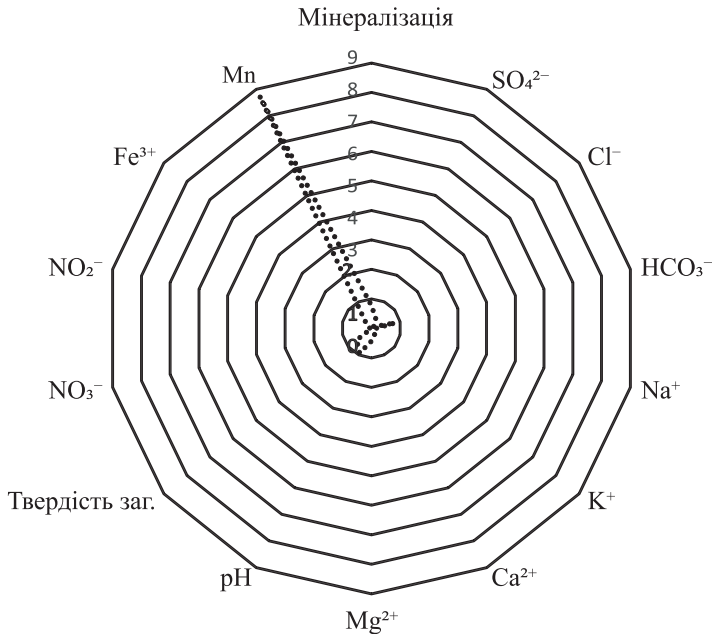


Рис. 3. Модель-карта гідрохімічного складу басейну р. Тетерів (Житомирська обл.)

відповідно. Є декілька можливих пояснень для цих результатів.

Насамперед, підвищені концентрації сполук Mn і Fe у поліських водних об'єктах зумовлені природною геохімічною ситуацією — заболоченістю їх басейнів, залісненістю та наближенням до них ілювіальних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів, що вважаються основними природними чинниками ризику забруднення вод цими сполуками. Також було зроблено припущення [22], що особливо несприятливими для водойм є зазначені чинники з обмеженим водообміном, у яких Mn й Fe здатні депонуватися у малорухливих шарах донних відкладів і з підвищенням температури знов повертатися у воду.

Окрім того, підвищений вміст цих елементів пояснюють переважно природними чинниками, які залежать від сезонних коливань. Особливості останніх за підвищених концентрацій сполук Mn і Fe у водоймах одні автори пояснюють періодичним виходом важких металів із донних відкладів, вимиванням їх з лісової підстилки та залізо-марганцевих конкрецій ґрунту [22],

а інші — вказують на причетність до зазначених процесів гідробіотів, насамперед планктонних водоростей як обов'язкової складової [23].

Слід пам'ятати, що на хімічний склад води на водозборі впливають різні процеси (рис. 4). Так, у природних комплексах у період гідрологічної межні джерелами живлення водних екосистем слугують атмосферні опади і приповерхневий стік ґрунтових розчинів і ґрунтових вод. У період межні основні джерела хімічного навантаження на головний водотік Тетерева надають притоки Гнилоп'ять, Здвиж, Таль та Лісова Кам'янка, що впливають на надходження мангану і заліза з болотистих територій та активно акумулюють водний стік.

Однак, значна кількість розчинених сполук заліза надходить у води річок зі стічними водами різних галузей промисловості і сільського господарства, зливовими стічними водами, поверхнево-схлизовим стоком та стоком із сільськогосподарських угідь. Так, до основних екологічно небезпечних об'єктів (підприємств), що скидають не-



Рис. 4. Основні процеси, які впливають на хімічний склад води [11]

достатньо очищені або неочищені стічних води у р. Тетерів належать Коростишівське МКП «Водоканал», ДП «Коростишівський спиртовий комбінат», ТОВ «Бердичівський хлібозавод», КП «Житомирводоканал», КП ІРР «Іванківводоканал», КП КОР «Бородянка тепловодопостачання». Щодо джерел надходження марганцю у поверхневі води, до них належать залізо-марганцеві руди й деякі мінерали, стічні води марганцевих збагачувальних фабрик, металургійних заводів та підприємств хімічної промисловості.

Досліджені особливості змішування стічних вод із річковими дають змогу стверджувати, що у будь-якому створі річки, розташованому між місцем початку цього змішування та створом повного змі-

шування, показники якості води будуть знаходитись у діапазоні між певними найбільшим та найменшим значеннями. Наприклад, у разі берегового скиду стічних вод, як це умовно показано на рис. 5, найбільш забрудненим потоком буде частина річки, куди вже дійшов основний потік забруднених стічних вод (потік I), а найменш забрудненим — річковий (потік II), що ще не зазнав цього впливу.

Цікаво відзначити, що у водних екосистемах Mn й Fe повинні відігравати важливу позитивну роль, оскільки належать до есенціальних елементів та використовуються живими істотами для синтезу сполук із специфічними функціями (ферментів, вітамінів, гормонів), до того ж беруть участь у реакціях фотосинтезу і фотолізу води,

забезпечують виділення кисню тощо. Однак перевищення їх концентрацій понад ГДК негативно відбивається не тільки на стані окремих організмів, популяцій й біоценозів, але й може істотно змінювати органолептичні властивості води і підвищувати її токсичність. Тому це викликає необхідність, постійно контролювати вміст сполук Mn і Fe, одночасно враховуючи показники якості води, за впливу яких може посилюватись небезпечна дія цих ВМ на живі організми [24].

Згідно із моніторингом р. Тетерів, концентрації інших гідрохімічних показників знаходились у межах норм ГДК для водойм господарсько-побутового та рибогосподарського призначення. Під дією гідрометеорологічних чинників і постійною присутністю у воді газів атмосферного походження, річкові води відрізняються невеликою, порівняно з іншими водними об'єктами, мінералізацією води. Згідно із аналізом досліджуваної річки, показник становив у межах 250–500 мг/дм³, що зумовлено маловоддям останніх років і збільшеним ступенем забруднення. Значення концентрації йонів водню коливається для річкових вод у межах 6,5–8,5 рН. Реакція досліджуваної води слаболужна, за найбільших значеннях у літній період та найменших — навесні.

Концентрація біогенних речовин у р. Тетерів, зокрема азоту і фосфору, які впливають на її біопродуктивність порівняно незначна. Однак їх режим залежить від температури води, що впливає на інтенсивність життєдіяльності організмів і біохімічні процеси розкладання органічних речовин. Також подібно до інших елементів, вміст біогенних речовин істотно залежить від антропогенного впливу, насамперед від скидів господарсько-побутових стічних вод. Так, забруднення води, звичайно, спостерігається у місцях скидів стічних вод великих міст, наприклад, Бортницької станції аерації, де здійснюють очищення стічних вод Києва. Нижче місця скиду концентрація сполук азоту й фосфору у два–три рази більша, ніж вище за течією. Однак із

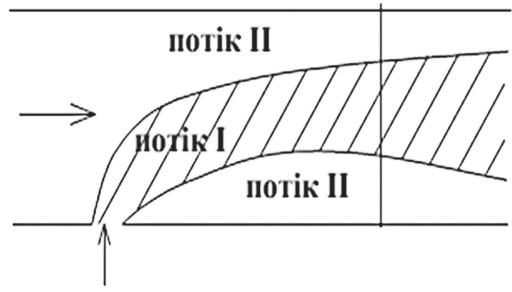


Рис. 5. Схема змішування стічних вод із річковими з умовним поділом річкового потоку після місяця початку змішування

віддаленням від таких місць концентрація зазначених сполук зменшується.

Головні йони є основою майже всіх класифікацій природних вод за хімічним складом, тип якого наочно відображає формула іонного складу води Курлова. Проаналізувавши більшість гідрохімічних показників води результати засвідчили, що за період дослідження за переважаючими катіонами вода р. Тетерів належала до кальцієвої групи, а за переважаючими аніонами — до гідрокарбонатного класу. На основі цих даних було побудовано формулу Курлова.

Вода р. Тетерів у Київській обл. за хімічним складом відноситься до гідрокарбонат-кальцій-магнієвого типу, нейтральна:

$$M0,5 \frac{HCO_3 71 Cl 14 SO_4 14}{Ca 65 Mg 20 (Na + K) 12} pH 7,4. \quad (3)$$

Аналогічні розрахунки були проведені для створів у Житомирській обл. В останній вода р. Тетерів за хімічним складом також є гідрокарбонат-кальцій-магнієвого типу, що має слаболужну реакцію:

$$M0,4 \frac{HCO_3 69 Cl 15 SO_4 14}{Ca 48 Mg 31 (Na + K) 17} pH 7,9. \quad (4)$$

Наступним етапом досліджень був розрахунок індексу забруднення води (ІЗВ). Дані, отримані у результаті вивчення хімічного складу проб води, були використані для розрахунку ІЗВ, що сягав 1,18 (помірно забруднена) та 0,96 (чиста) у Київській та Житомирській обл. відповідно. Розрахунок

ки проводилися згідно з [13], які пізніше були замінені на розрахунки за методом комплексної оцінки ступеня забруднення поверхневих вод за гідрохімічними показниками [1]. Яцик А.В. пропонує визначати комплексний екологічний індекс стану водних екосистем (Іе), розрахунок якого дає змогу більш розширено відобразити тенденцію зміни якості води по всій довжині річки.

Відповідно до розрахованого комплексного екологічного індексу, якість води басейну р. Тетерів на території Київської та Житомирської обл. можна віднести за їх станом до II класу (добрі) 3 категорії (добрі), оскільки результати сягають 2,1 і 2,4 відповідно.

Загалом, аналіз якості води басейну р. Тетерів не виявив певних тенденцій. Слід зазначити, що за останні роки забруднення води р. Тетерів набуває незначного збільшення. Це відбувається переважно за рахунок недоочищення та неочищення стоків комунальних і промислових підприємств регіону. Також на підставі отриманих результатів встановлено, що водогосподарська і водно-екологічна ситуація на р. Тетерів найбільш показова у лімітуючі періоди їх водного режиму, тобто в гідрологічні сезони осінньої і зимової межени. З огляду на це, подальший гідрохімічний моніторинг слід акцентувати на період осінньої межени і спрямувати на вивчення найбільш актуальних для сучасності питань, пов'язаних із виявленням окремих ділянок р. Тетерів та її приток, що характеризуються підвищеною екологічною напруженістю. Це надасть змогу прийняти своєчасні рішення

і розробити заходи щодо запобігання подальшого кризового водно-екологічного стану.

ВИСНОВКИ

Хімічний склад природних вод басейну р. Тетерів у природних умовах залежить від ландшафтно-кліматичних умов водозборів річок і складу водовмісних порід водоносних горизонтів та, крім цього, визначається зміною генетичних складових водного стоку, його гідрологічних фаз.

На підставі результатів досліджень мікроелементів у басейні р. Тетерів встановлено, що головна небезпека забруднення поверхневих вод пов'язана з антропогенними органічними речовинами, які надходять із водозборів приток.

Забрудненість вод р. Тетерів після впадіння приток і в місцях розташування промислових центрів помітно збільшується, що зумовлює істотні зміни у видовому складі гідробіонтів, до того ж спостерігається підвищене накопичення у них і донних відкладень ряду хімічних елементів, у т.ч. нормованих металів. Пріоритетними в цій групі елементів є залізо та марганець.

Окрім того, річка і її ділянки поблизу малонаселених пунктів відрізняються практичною відсутністю антропогенного забруднення. Однак у міру зростання населення і антропогенного навантаження на водні об'єкти ступінь забрудненості річкових вод у більшості пунктів спостережень характеризується різними розрядами II-го класу якості, а в межах великих економічно розвинених міст навіть III класом якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яцик А.В. Водогосподарська екологія. Київ: Генеза, 2004. Т. 3, кн. 5. 496 с.: іл.
2. Яковенко Ю.П., Хорунжий П.Д., Хомуцька Т.П. Залежність якісних показників поверхневих водних джерел України від впливу техногенних забруднень. *Сучасні проблеми охорони довкілля, раціонального використання водних ресурсів та очистки природних і стічних вод*: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф. (Миргород, 23–27 квіт. 2007 р.). Київ, 2007. С. 24–28.
3. Шумигай І.В. Проблеми та шляхи відновлення басейну річки Дніпро у межах Київської області. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 1. С. 107–111.
4. Коненко А.Д. Гидрохимическая характеристика малых рек Украины. *Труды Института гидробиологии АН Украины*. 1952. № 26. 171 с.
5. Алейкин О.А. Основы гидрохимии. Ленинград: Гидрометеониздат, 1970. 444 с.
6. Одум Ю. Экология. Москва: Мир, 1986. Т. 1. 740 с.
7. Яцик А.В., Шмаков В.А. Гидроэкология. Киев: Урожай 1992. 193 с.
8. Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних

- систем. Рівне: «Волинські береги», 1999. Т. 1. 347 с.
9. Голубець М.А. Екосистемологія: навч. посіб. Львів, 2000. 316 с.
 10. Сніжко С.І., Орлов О.О. Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області. Житомир: Волинь, 2002. 262 с.
 11. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії: підруч. Київ: Ніка-Центр, 2012. 312 с.
 12. ДСТУ ISO 5667-6:2009. Якість води. Відбирання проб. Ч.6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2012. 19 с.
 13. Юрасов С.М. Методи оцінки якості природних вод: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 92 с.
 14. Гриб І.В. О періодичности характеристик в экологической классификации качества поверхностных вод. *Гидробиологический журнал*. 1993. Т. 29. № 3. С. 38–43.
 15. Виноградова Т.А., Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование в гидрологии. Москва: Академия, 2010. 304 с.
 16. Костриков С.В. Общие принципы выбора модели и хранения моделирования водозаборных бассейнов. Киев: География науки, 2005. 479 с.
 17. Андрусак Н.С. Методика комплексной оценки экологического состояния водных рекреационных ресурсов. *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Сер.: География*. 2011. Т. 24 (63). № 2. С. 3–7.
 18. Методичні рекомендації щодо збереження біотичного різноманіття іхтіофауни та гідрогелюфітів гирл річок Прип'ять, Уж, Тетерів (Київська область) / уклад. Конішук В.В., Шумиґай І.В., Постоєнко Д.М., Мельник Н.Б. Київ, 2015. 22 с.
 19. Швец Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України: навч.-довідк. посіб. Одеса: «Астропринт», 2003. 390 с.
 20. Романенко В.Д. Основи гідроекології. Київ: Генеза, 2004. 663 с.
 21. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия / под ред. М.С. Каганера. Ленинград: Гидрометиз, 1967. Том 6. Вып. 3. 492 с.
 22. Shumyhai I. Purification of subsoil water from iron compounds in Zhytomyr region. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 27–34.
 23. Bergkemper V., Weisse T. Phytoplankton response to the summer 2015 heat wave – a case study from prealpine Lake Mondsee, Austria. *Inland Waters*. 2017. Vol. 7, Issue 1. P. 88–99. DOI: <http://doi.org/10.1080/20442041.2017.1294352>
 24. Аристархова Е.О. Сезонна динаміка сполук мanganу і феруму у поверхневих водах водозабору відсічне р. Тетерів. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Sciences»*. 2018. №5(14). С. 10–14. DOI: 10.15587/2519-8025.2018.146274

REFERENCES

1. Jacik, A.V. (2004). *Vodohospodars'ka ekolohiya* [Water management ecology]. Kyiv: Genesis [in Ukrainian].
2. Yakovenko, Y.P., Khorunzhiy, P.D., & Khomutetskaya, T.P. Zalezhnist' yakisnykh pokaznykiv poverkhnevyykh vodnykh dzherel Ukrayiny vid vplyvu tekhnohennykh zabrudnen' [Dependence of quality indicators of surface water sources of Ukraine on the impact of man-made pollution]. *Suchasni problemy okhorony dovkillya, ratsional'noho vykorystannya vodnykh resursiv ta ochystky pryrodnykh i stichnykh vod: materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychna konferentsiya* [Modern problems of environmental protection, rational use of water resources and treatment of natural and wastewater: materials of the International scientific-practical conference] (pp. 24–28). Kyiv [in Ukrainian].
3. Shumigay, I.V. (2018). Problemy ta shlyakhy vidnovlennya baseynu richky Dnipro u mezhakh Kyivskoyi oblasti [Problems and ways to restore the Dnieper river basin within the Kyiv region]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced natural resources*, 1, 107–111 [in Ukrainian].
4. Konenko, A.D. (1952). Gidrokhimicheskaya kharakteristika malykh rek Ukrainy [Hydrochemical characteristics of small rivers in Ukraine]. *Trudy Instituta gidrobiologii AN Ukrainy – Proceedings of the Institute of Hydrobiology of the Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 171 [in Russian].
5. Alekin, O.A. (1970). *Osnovy gidrogikhimii* [Basics of hydrochemistry]. Leningrad: Hydrometeoizdat [in Russian].
6. Odum, Y. (1986). *Ekologiya* [Ecology]. Moscow: Mir [in Russian].
7. Yatsik, A.V. & Shmakov, V.A. (1992). *Gidroeкологиya* [Hydroecology]. Kiev: Vintage [in Ukrainian].
8. Grib, J.V., Klimenko, M.O. & Sondak, V.V. (1999). *Vidnovna hidroeкологиya porushenykh richkovykh ta ozernykh system* [Restorative hydroecology of disturbed river and lake systems]. Rivne: «Volyn charms» [in Ukrainian].
9. Golubets, M.A. (2000). *Ekosystemolohiya: navchal'nyy posibnyk* [Ecosystemology: textbook]. Lviv [in Ukrainian].
10. Snizhko, S.I. & Orlov, O.O. (2002). *Hidrokhimiya ta radioekhimimiya richok i bolit Zhytomyrskoyi oblasti* [Hydrochemistry and radiogeochemistry of rivers and swamps of Zhytomyr region]. Zhytomyr: Volyn [in Ukrainian].
11. Khilchevsky, V.K., Osadchy, V.I. & Kurilo, S.M. (2012). *Osnovy hidrokhimiyi: pidruchnyk* [Fundamentals of hydrochemistry: textbook]. Kyiv: Nika-Center [in Ukrainian].
12. Yakist' vody. Vidbyrannya prob. CH.6. Nastanovy shchodo vidbyrannya prob z richok i strumkiv [Water quality. Sampling. Part 6 Guidelines for sampling of rivers and streams]. (2012). *DSTU ISO 5667-6: 2009 from 01th Juli 2011*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

13. Yurasov, S.M. (2011). *Metody otsinky yakosti pryrodnykh vod: Konspekt leksiy [Methods for assessing the quality of natural waters: Lecture notes]*. Odessa: Ecology [in Ukrainian].
14. Mushroom, I.V. (1993). О периодичности характеристик в экологической классификации качества поверхностных вод [On the periodicity of characteristics in the ecological classification of surface water quality]. *Gidrobiologicheskii zhurnal – Hydrobiological journal*, 29, 3, 38–43 [in Russian].
15. Vinogradova, T.A. & Vinogradov, Yu.B. (2010). *Matematicheskoye modelirovaniye v gidrologii [Mathematical modeling in hydrology]*. Moscow: Academy [in Russian].
16. Kostrikov, S.V. (2005). *Obshchiye printsipy vybora modeli i khranilishch modelirovaniya vodozabornykh baseynov [General principles of model selection and reservoir modeling of water intake basins]*. Kiev: Geography of Science [in Russian].
17. Andrusyak, N.S. (2011). Metodika kompleksnoy otsenki ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh rekreatsionnykh resursov [Methodology for a comprehensive assessment of the ecological state of recreational water resources]. *Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo – Scientific notes of the V.I. Vernadsky*, 24 (63), 2, 3–7 [in Russian].
18. Konishchuk, V.V., Shumigay, I.V., Postoenko, D.M. & Melnyk, N.B. (2015). *Metodychni rekomendatsiyi shchodo zberezheniya biotychnoho riznomanitnya ikhtiofauny ta hidrohelofitiv hyrl richok Pryp'yat', Uzh, Teteriv (Kyiv's'ka oblast') [Methodical recommendations for conservation of biotic diversity of ichthyofauna and hydrogelophytes of the mouths of the rivers Pripyat, Uzh, Teteriv (Kyiv region)]*. Kyiv [in Ukrainian].
19. Schwebs, G.I. & Igoshin, M.I. (2003). *Kataloh richok i vodoym Ukrayiny: navchal'no-dovidnykovyy posibnyk [Catalog of rivers and reservoirs of Ukraine: a textbook]*. Odessa: Astroprint [in Ukrainian].
20. Romanenko, V.D. (2004). *Osnovy hidroekolohiyi [Fundamentals of hydroecology]*. Kyiv: Genesis [in Ukrainian].
21. Kaganera, M.S. (Ed.) (1967). *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Ukraina i Moldaviya [Resources of surface waters of the USSR. Ukraine and Moldova]*. Leningrad: Hydrometeoizdat [in Russian].
22. Shumyhai, I. (2018). Purification of subsoil water from iron compounds in Zhytomyr region. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 27–34 [in English].
23. Bergkemper, V. & Weisse, T. (2017). Phytoplankton response to the summer 2015 heat wave – a case study from prealpine Lake Mondsee, Austria. *Inland Waters*, 7, 1, 88–99 [in English].
24. Aristarkhova, E.O. (2018). Sezonna dynamika cpoluk manhanu i ferumu u poverkhnelykh vodakh vodozaboru vidsichne r. Teteriv [Seasonal dynamics of manganese and iron compounds in the surface waters of the water intake cut off the river Teteriv]. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»*, 5(14), 10–14 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 03.08.2020
