
ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВОД МАЛИХ РІЧОК: МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ

Скиба Г. В., Кірейцева Г. В., Циганенко-Дзюбенко І. Ю.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-511-2-11>

ВСТУП

Малі річки відіграють важливу роль в екологічній рівновазі та сталому розвитку природних і антропогенних ландшафтів. Вони не лише є основними джерелами прісної води для місцевого населення, але й важливими компонентами екосистем, що підтримують біорізноманіття та природні гідрологічні процеси.

Сучасний розвиток суспільства характеризується зростаючим використанням поверхневих вод, що неминуче веде до їх антропогенного забруднення, поступового виснаження та деградації. Інтенсивне використання та зменшення водності особливо позначається на малих річках.

Усі аспекти сучасної діяльності людини можуть стати джерелами різноманітних захворювань водних екосистем. Вирубка лісів, осушення та зрошення земель, зміни гідрографічної мережі, урбанізація, промислові й побутові товари, застосування добрив, детергентів і пестицидів призводять до порушення режиму функціонування екосистем. Розвиток атомної енергетики (радіоактивні опади, захоронення ядерних відходів, скиди атомних електростанцій) спричиняє радіоактивне забруднення водою, з подальшою акумуляцією радіонуклідів в організмах риб як через воду, так і через їхні харчові об'єкти. Теплові викиди енергетичних підприємств призводять до теплового забруднення, що негативно впливає на життя гідробіонтів. Пестициди та добрива, які використовують у сільському господарстві, пропускаючи водою, можуть викликати надлишок мінеральних речовин. Особливо небезпечні для водних тварин аміак і солі амонію, які навіть у низьких концентраціях можуть викликати їх загибель. Разом із промисловими стоками у водні екосистеми містяться важкі метали, хлорорганічні сполуки, нафтопродукти та інші шкідливі речовини. Усі

ці процеси погіршують екологічний стан річкових басейнів, забруднюють поверхневі води та ведуть до деградації в

Актуальність дослідження якості вод малих річок виникає не лише у необхідності забезпечення якісної води для споживання та побутових потреб, але й у важливості стабільності збереження екосистеми. Оцінка якості вод малих річок вимагає детального аналізу фізико-хімічних та біологічних показників.

Одним із ключових аспектів проблеми є методологія оцінки якості вод, яка включає використання як традиційних, так і новітніх підходів. Сучасні методи оцінки, такі як індикатори екологічного стану, біомоніторинг, а також математичні моделі прогнозування, дозволяють більш детально досліджувати динаміку змін у водних екосистемах і розробляти заходи для запобігання негативним екологічним наслідкам.

У світлі глобальних змін клімату та збільшення антропогенного тиску на водні ресурси, особливо в умовах України, питання якісних показників вод малих річок набуває все більшої актуальності. Системний підхід до вивчення цієї проблематики передбачає не лише оцінку поточного стану водних ресурсів, але й розробку рекомендацій для мінімізації впливу людської діяльності на екологічні системи річок. Важливим завданням залишається розробка ефективних стратегій адаптації до екологічних викликів, що стоять перед малими річками, з урахуванням регіональних особливостей та соціально-економічного розвитку.

У даному розділі буде розглянуто методологічні підходи до оцінки якості вод малих річок, включаючи екологічні індикатори, хімічні та фізичні показники. Особливу увагу приділено аналізу екологічних викликів, що виникають внаслідок змін клімату, антропогенного тиску та деградації водних ресурсів. Основна мета дослідження – визначити основні чинники, що впливають на якість води, та запропонувати науково обґрунтовані рішення для збереження екологічної стабільності малих річкових систем.

1. Виникнення передумов проблеми та формулювання проблеми

Останніми роками зростає інтерес до ресурсів малих річок, їх подальшої долі. Вилучення води з річок на зрошення, промислові і побутові потреби, перекидання води в інші річкові системи, регулювання річкового стоку шляхом будівництва штучних водойм привело до обміління і загибелі багатьох річок¹.

Причини, що призвели до такого стану наступні:

¹ Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, О.М. Петрук та ін. Київ, 2007. С. 7.

- безсистемне вирубування лісів, що призводить до змиву ґрунту по територіях басейнів річок і безперешкодне потрапляння його до русла;
- порушення агротехнічних вимог до обробітку ґрунтів на схилах;
- проведення меліорації заплав без регулювання стоку з вирубуванням лісів, що призводить до висушування ґрунту в прибережній смузі річок;
- послаблення догляду за греблями-загатами, які, регулюють стік, що сприяє швидкому виносу весняних вод у більш великі річки;
- розорювання заплав, що обумовлює, як правило, обміління і пересихання річок.

Занепокоєння викликає і забруднення малих річок. Значними забруднювачами таких річок є підприємства місцевої промисловості, які в основному не мають очисних споруд.

Нині в сільському господарстві сотнями машин обчислюється парк тракторів, комбайнів, автомобілів тощо. Всі вони дають величезну кількість відпрацьованої води, яка містить бензин, лігроїн, гас, різні мастила, органічні розчинники. Одним з найбільш значних джерел забруднення малих річок є мінеральні добрива і пестициди, які потрапляють у водні джерела внаслідок змиву з ґрунту поверхневими стоками, винесення їх скидними колекторно-дренажними водами, а також при порушенні правил авіаобробок посівів, регламентів по транспортуванню, зберіганню та застосуванню добрив і пестицидів.

Малі річки України повсюдно піддаються антропогенному впливу (промислового, сільськогосподарського, комунальному, рекреаційному), особливо в умовах міст та селищ. Результатами такої дії є скорочення площі водозабору та акваторії в результаті замулення, забруднення й забудови берегів, погіршення якості вод, зниження біологічного різноманіття. Між тим малі ріки слугують місцями збереження генофонду флори і фауни, забезпечують біологічне різноманіття та стійкий розвиток території.

На теренах сучасної України фахівці свого часу нарахували понад 63 тисячі малих річок, сумарна довжина яких становить близько 185,8 тисяч кілометрів. Тобто, якщо всі малі річки країни витягнути в одну, то вона чотири рази з гаком обігне земну кулю екватором. Серед малих річок близько 95% мають довжину до 10 кілометрів². Дотепер не розроблено єдиного екологічного обґрунтування підходів щодо комплексного використання малих річок у народному господарстві. Це призводить до виникнення протиріччя між функціонуванням екосистем малих річок та господарською діяльністю людини.

² Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. / В.І. Вишневецький – К.: Віпол, 2000. С. 76.

Основними чинниками, які негативно впливають на стан малих річок, є:

- Скидання забруднених зворотних вод через відсутність або недостатньо ефективну роботу локальних о
- Перевищення об'єму стічних вод із природним стоком річки.
- Надходження забруднених речовин із поверхневими водами з урбанізованих
- Порушення правил господарської діяльності в межах прибережних захисних смуг і водоохоронних зон.

Вплив зазначених чинників може призвести до значної деградації водних екосистем, що відображається на економічних, екологічних та соціальних аспектах життя. Погіршення якості знижує її придатність для питного водопостачання, промислового використання та рекреаційних потреб, створюючи ризики для здоров'я місцевого населення. Зменшення біорізноманіття, зокрема рибних ресурсів, причиною втрат у рибальстві та негативно впливає на харчові ланцюги, що підтримують екологію.

Зміна гідрологічного режиму також може викликати руйнування водно-болотних угідь, що означає важливі екологічні функції, такі як фільтрація води, накопичення вуглецю та регулювання місцевого клімату. Втрата цих природних буферів закінчується вразливістю регіонів до паводків, посух та інших екстремальних погодних явищ, що у своєму випадку до економічних втрат та загострення соціальних проблем. Лише цілеспрямована політика з охорони водних ресурсів та відновлення природного стану річок дозволить зберегти екосистемну стабільність і забезпечити стале використання водних ресурсів для майбутніх поколінь.

2. Методи контролю сучасного стану поверхневих вод суходолу

У природоохоронній діяльності за умов змін природного середовища під впливом техногенних чинників важлива роль відіграють сучасні інформаційні методи контролю, які дозволяють визначити не тільки рівень забрудненості природних систем, але й структурно-функціональні зміни екосистем, що характеризують рівень їх трансформації та сталість подальшого розвитку.

Для забезпечення сучасного моніторингу та оцінки якості водних ресурсів в Україні використовуються нові нормативні документи, які враховують міжнародні стандарти та сучасні екологічні виклики. Серед таких документів можна виділити «Водний кодекс України» (1995, з подальшими змінами)³ – це основний законодавчий документ, який

³ «Водний кодекс України» (1995, з подальшими змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Текст>

регулює використання та охорону водних ресурсів в Україні. Він встановлює вимоги до управління водними ресурсами, моніторингу якості води та забезпечення сталого водокористування. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (2017) – визначає механізми оцінки впливу різних видів господарської діяльності на довкілля, зокрема водні ресурси. Він вимагає проведення оцінки екологічних ризиків перед початком будівництва або інших значущих проєктів, які можуть бути включені на водні об'єкти⁴.

У відповідності до Водного кодексу України оцінка якості води проводиться на основі нормативів якості води водних об'єктів. Нормативи екологічної безпеки водокористування дозволяють оцінити якість води, яка використовується для комунально-побутового, господарсько-питного та рибогосподарського водокористування. До нормативів екологічної безпеки відносяться і санітарно-гігієнічні, які визначають придатність води для використання її людиною. Екологічні нормативи призначені для попередження виникнення загрози трансформації водних систем та охорони водних екосистем від дії специфічних антропогенних (модифікуючих) факторів. Науково-технічні нормативи відносяться до джерел впливу на довкілля. До таких відносять нормативи викидів (ГДВ) та скидів (ГДС), ліміти розміщення твердих відходів. Відповідно цих нормативів виконання повинно забезпечувати екологічну безпеку територій в межах санітарних зон.

Науково-методичні основи, при правильності підходу їх вибору, характеризують не лише специфіку структури природно-антропогенних систем, але й особливості застосування методів контролю за станом водних об'єктів річок. Найбільш розповсюдженим підходом оцінки стану водних об'єктів, виходячи із процесів виснаження природних вод, є ресурсний. Ресурсний підхід дозволяє у гідроекосистемах визначити: клас та категорію забрудненості води; зміну хімічного складу води на основі кратності перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) речовин антропогенного характеру та за екологічним індексом.

Ресурсний підхід не передбачає екосистемний підхід оцінки якості природних вод, що унеможливує визначення змін структурно-функціональної самоорганізації водних систем та початкові етапи розвитку деградаційних процесів гідроекосистем, які призводять до порушення їх екобезпечного розвитку, що найбільш важливо за умов дії на гідроекосистеми специфічних модифікуючих (антропогенних) факторів.

Наявні численні методи та методики прямо чи опосередковано базуються на трансформації кількісних показників у якісні індекси

⁴ Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (2017). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>

екологічного стану. Згідно з аналізом численних досліджень, об'єктивна оцінка екологічного стану водних об'єктів ґрунтується на сумісному використанні гідрохімічних і гідробіологічних даних⁵ У рамках стандартного підходу, визначені в окремих точках водного об'єкта показники зіставляються з нормативними величинами відповідних показників Однак останнім часом набув поширення альтернативний метод оцінювання якості води, який використовує біотестування⁶

Для здійснення кількісної оцінки якості води у малих річках нами були запропоновані три методики⁷. Це визначення *модифікованого індексу забруднення води, екологічного коефіцієнта якості води графічним способом та рівень якості водного об'єкта* на основі триступеневої класифікації за ознаками. Розрахунок *індексу забруднення води* пропонується проводити за характерними для даної водойми гідрохімічними показниками. Для річок Житомирської області рекомендується здійснювати розрахунок за наступними інгредієнтами: марганець, БПК, розчинений у воді кисень. Згідно методики для кожного показника розраховується середнє арифметичне значення, яке порівнюється з їх гранично допустимими концентраціями по кожному показнику. Індекс забрудненості води розраховується за формулою:

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

де C_i – середня концентрація одного із n показників якості води, мг/дм³; $ГДК_i$ – гранично допустима концентрація одного з n показників якості води, мг/дм³;

n – кількість показників.

Екологічний коефіцієнт якості води у водоймах визначається за стандартною методикою з побудовою моделі-карти у вигляді кругової діаграми зі шкалами-радіусами Ціною поділки виступає ГДК показника і кожній осі відповідає рік спостереження за даним показником. Після побудови діаграми проводиться визначення екологічного коефіцієнту якості води за формулою:

⁵ Ecological monitoring of small water systems: Algorithm, software package, the results of application to the Uzh river basin (Ukraine), Kotsiuba, I.G., Skyba, G.V., Skuratovskaya, I.A., Lyko, S.M., *Methods and Objects of Chemical Analysis*, 2019, 14(4), p. 201

⁶ Arkhipchuk V.V., Malinovskaya M.V. Application of a complex approach in biotesting of natural waters // *Chemistry and water technology*. 2000. 22. No. 4. P. 429.

⁷ Skyba G, Kolodii M. Quantitative assessment of water quality in the Vidsichne reservoir (Zhytomyr, Ukraine). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technology, Social and Economic Matters (ICSF-2023) 22/05/2023 – 26/05/2023 / Kryvyi Rih, Ukraine. 2023. Vol.1254. P. 012084

$$K_e = \frac{F_{\text{факт}}}{F_{\text{оптим}}}, \quad (2)$$

де $F_{\text{факт}}$ – площа діаграми, обмежена фактичними значеннями гідрохімічних характеристик;
 $F_{\text{оптим}}$ – площа діаграми, обмежена оптимальними (нормативними) значеннями, яка знаходиться за формулою:

$$F_{\text{оптим}} = \pi r^2, \quad (3)$$

де r – радіус кола, яке обмежене оптимальними (нормативними) значеннями.

Третя методика стосується встановлення *рівня якості води* водного об'єкту. З цією метою проводилась триступенева класифікація: 1) за ознаками повторюваності випадків забруднення; 2) кратності перевищень нормативів; 3) створення узагальнюючих оціночних балів⁸.

На сьогоднішній день поширені методики визначення якості водних об'єктів за допомогою методів біоіндикації. Система проведення фітоіндикації добре розвинута: складено списки рослин-індикаторів, описано різні методи проведення досліджень за допомогою рослин, зокрема, метод еталонів та метод екологічних профілів, розробляються нові методи, індекси фітоіндикації екологічного стану водних екосистем.

Використання вищих водних рослин у програмах екологічного моніторингу водойм завдячує їх нерухомому способу життя та відносно тривалому періоду існування. Передусім, за їх допомогою з'ясовується ступінь збагачення води поживними речовинами (біогенними елементами), що визначають трофічний статус водної екосистеми. Помічено, що при наближенні водної екосистеми до клімаксного стану, навіть при незначних змінах індексу сапробності, відбувається швидка зміна видового складу рослин з переважанням представників полісапробів та сапрофілів⁹. А серед показників фізико-хімічного складу поверхневих вод, які впливають на зміну видового складу рослин у часі, першочерговими виявляються фосфор, азот загальний та температура. У свою чергу, макрофіти можуть напряму впливати на гідрологію річки, зокрема формування динаміки її наносів.

⁸ Assessment of water quality in Aguieira reservoir: Ecotoxicological tools in addition to the Water Framework Directive / I. Pinto, S. Rodrigues, O.M. Lage, S.C. Antunes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. V. 208. P. 111583 <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111583>

⁹ Szoszkiewicz K., Jusik S., Lewin I., CzerniawskaKusza I., Kupiec J. M., Szostak M. Macrophyte and macroinvertebrate patterns in unimpacted mountain rivers of two European ecoregions. *Hydrobiologia*. 2018. Vol. 805. P. 328.

Моніторинг та індикація якості навколишнього середовища з використанням місцевих видів організмів за останні десятиліття помітно вдосконалились та набули офіційного визнання. У багатьох країнах світу до державної системи екологічного моніторингу поверхневих вод включені фітоіндикаційні дослідження. Даний підхід передбачено і в ратифікованій Україною Водній рамковій директиві ЄС.

Перспективи використання методів фітоіндикації доведено в чисельних наукових публікаціях, присвячених визначенню ступеня впливу антропогенних факторів на формування стану річкових екосистем, оцінки їх трофічних характеристик та прогнозуванню змін якості води.

Далі в розділі будуть представлені результати наукових досліджень якісного стану річки Тетерів поблизу м. Житомира та дослідження екологічного стану р. Кам'янка в м. Житомирі за допомогою методики макрофітного індексу.

Вихідними даними для обчислень екологічних показників і побудови моделей слугували інформаційні матеріали Державного агентства водних ресурсів та Державного управління охорони навколишнього природного середовища у Житомирській області. В якості вихідної інформації для дослідження якісного стану водоєм були використані дані гідрохімічних спостережень лабораторії міського водоканалу, а саме показників, мангану, БПК та вмісту розчиненого у воді кисню та власні гідрохімічні дослідження.

3. Відомості про природні умови річки Кам'янка та річки Тетерів

Річка Кам'янка є лівою притокою Тетерева (басейн Дніпра) та важливою водною артерією міста Житомира, яка відіграє значну роль у забезпеченні населення водними ресурсами, підтриманні біорізноманіття та формуванні естетичного ландшафту міста. Проте внаслідок посилення антропогенного навантаження на річкову екосистему, зокрема через скиди стічних вод, забруднення побутовими й промисловими відходами, зростання рекреаційного використання виникає загроза погіршення якості води та деградації водного середовища¹⁰.

Проблема полягає в необхідності проведення комплексних досліджень макрофітів р. Кам'янки в м. Житомирі, визначення МІР індексу та оцінки на його основі екологічного стану річки. Отримані результати дадуть змогу виявити проблемні ділянки річки, встановити

¹⁰ Herasymchuk L., Romanchuk L., Valerko R. Water quality from the sources of non-centralized water supply within the rural settlements of Zhytomyr region. *Ekologia* (Bratislava). 2022. Vol. 41, No. 2. P. 128.

можливі причини погіршення якості води, розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо покращення екологічної ситуації¹¹.

Досліджувана р. Кам'янка має довжину в межах м. Житомира – близько 8 км, площа водозбору – 27,6 км², падіння річки – 36 м, похил річки – 4,5 м/км. Гідрологічний режим: живлення річки змішане, з переважанням снігового та дощового. Долина річки в межах міста переважно V-подібна, місцями трапецієподібна. Заплава двостороння, у середній та нижній течії місцями відсутня через забудову. Русло помірно звивисте, на окремих ділянках випрямлене, дно в основному руслі піщане або мулисто-піщане¹².

Річка Тетерів, права притока р. Дніпро – середня річка, бере початок на відрогах Волино-Подільської височини, приблизно за 4 км на південний захід від с. Носівка Чуднівського району Житомирської області. Загальна довжина – 365 км, в межах області – 247 км. Площа водозбору – 15100 км², в межах області – 10981 км². Ліси займають 15 відсотків, а болота – 4,4 відсотки басейну. Перетенаючи Український кристалічний щит, р. Тетерів має добре зрізані, здебільшого скелясті береги з виходами на денну поверхню гнейсів та гранітів. У межах області річка Тетерів приймає багато приток, з яких найголовніші: Гнилоп'ять (на її березі знаходиться м. Бердичів) та Тетерів, що протікає через м. Андрушівка. Найбільшою лівою притокою є р. Ірша².



Рис. 1. Географічне розташування р. Тетерів

¹¹ Кірейцева Г., Герасимчук О., Скиба Г., Хоменко С. Біоіндикаційна оцінка екологічного стану р. Кам'янка в м. Житомирі за допомогою MIR-індексу. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2024 (146). С. 59. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.3.8>

¹² Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Житомирської області у 2022 році. URL: <https://eprdep.zht.gov.ua/Regionalna%20dopovid%202023.pdf>

Русло річки Тетерів слабозвивисте, до Радомишля порожисте і нижче ділиться на рукави і протоки, має острова, староріччя. Глухі рукава, в більшості своїй, при настанні літа висихають, а русло річки, нерідко, змінює своє розташування. У різних місцях різний і характер перебігу. Від витoku до Чуднова Тетерів – невелика річка з безліччю приток. Дно у водойми піщане, місцями кам'янисте, зустрічається іноді мулисте. Як видно з опису, річку Тетерів не можна віднести до малих річок, проте наявність великої кількості приток створює проблеми якості водного об'єкта, особливо поблизу м. Житомира. Тому дослідження також стосувались вивчення якості поверхневих вод р. Тетерів поблизу м. Житомира.

Економічне значення річки Тетерів досить велике. Гідроенергетика, водний туризм, рекреація, засоби питної й поливної води, риболовля, заготівля сіна, пасіння худоби та домашньої птиці. Раніше на річці були водяні млини, які мали велике значення для розвитку регіону. Північна частина басейну Тетерева частково забруднена радіонуклідами після Чорнобильської катастрофи на Чорнобильській АЕС 1986. Для захисту малих річок споруджено фільтрувальні греблі. Крім того, тривала спекотна погода в літній період в останні роки призводила до значного зниження вмісту розчинного кисню та підвищення вуглекислоти.

4. Комплексна оцінка екологічного стану р. Тетерів поблизу м. Житомира

Вихідними даними для обчислень екологічних показників і побудови моделей слугували інформаційні матеріали Державного агентства водних ресурсів та Державного управління охорони навколишнього природного середовища у Житомирській області. В якості вихідної інформації для дослідження якісного стану р. Тетерів поблизу м. Житомира були використані дані гідрохімічних спостережень лабораторії міського водоканалу.

Аналіз проводили за групами речовин, відповідно їх функцій у гідроєкосистемах: біогенні елементи (азот амонійний, азот нітратний, азот нітритний, фосфор); речовини – забруднювачі (завислі речовини, залізо, мідь, цинк, кобальт, марганець, хлориди); речовини, що характеризують продукційно-деструкційні процеси (рН, ХСК, БСК5, O₂). Відстеження сезонної динаміки абсолютних значень показників якості води за допомогою статистичної обробки рядів даних лабораторного аналізу проводився протягом 2021-2023 рр.

Концентрації таких біогенних елементів, як азот нітратний та азот нітритний знижуються у весняно-літній період, а фосфатів, навпаки понижуються та зростають у осінньо-зимовий період (рис. 2).

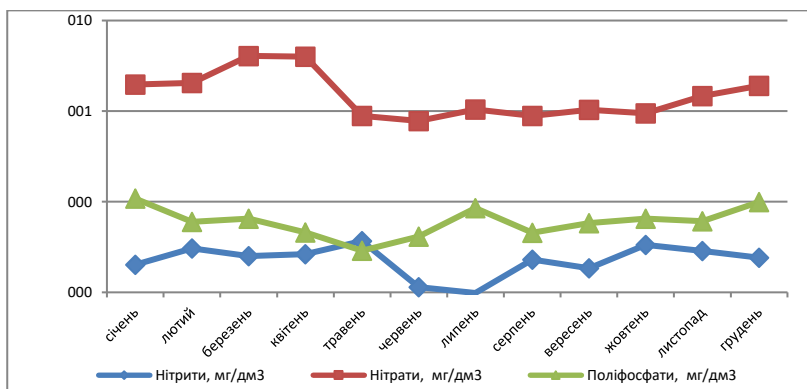


Рис. 2. Середні значення концентрації нітритів, нітратів, фосфатів за 2021-2023 рр. у річці Тетерів поблизу м. Житомира

Для дослідження динаміки змін концентрацій фосфатів та нітритів та їх прогнозування використовувались результати дослідження останніх п'яти років (рис. 3).

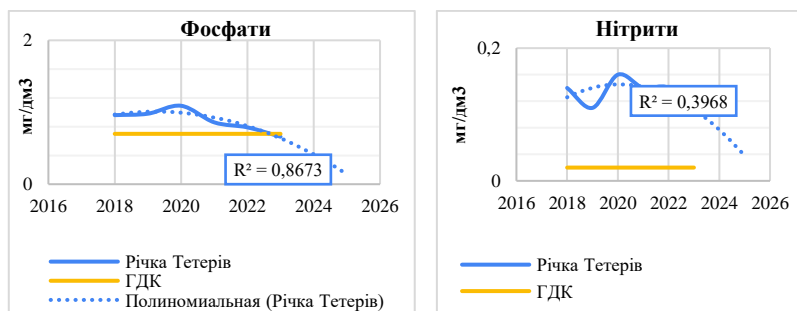


Рис. 3. Динаміка та прогноз компонентів аніонної композиції, які перевищили ГДК

Згідно отриманих даних протягом досліджуваного періоду були виявлені перевищення ГДК за показниками вмісту фосфатів та нітритів у водному середовищі річки Тетерів (рис. 3). Проте згідно із результатами математичного прогнозу (кореляційно-регресійного аналізу за допомогою поліноміальної кривої) обидва показники будуть знижуватись до 2026 р. зі значними коефіцієнтами кореляції (фосфати

– 0,9312 (достовірність апроксимації – 0,8673 та для нітритів коефіцієнт кореляції – 0,6300 (достовірність апроксимації – 0,3968).

Дослідження вмісту у воді розчиненого кисню за сезонами року, вказує на зниження цього показника у період, коли розпочинається масове збільшення кількості синьо-зелених водоростей (рис. 4).

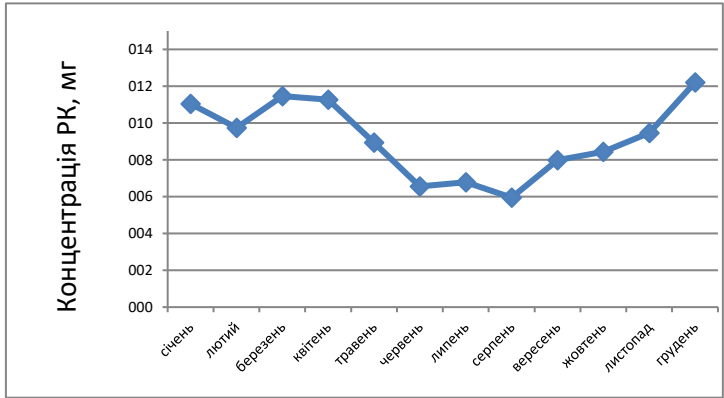


Рис. 4. Середні значення концентрації розчиненого у воді кисню за 2021-2023 рр. у річці Тетерів м. Житомир

Зниження розчиненого у воді кисню починається у квітні. В подальшому, у червні місяці, спостерігається різке зменшення розчинного кисню до рівнів $7,9 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Саме у цей час починає збільшуватись кількість синьо-зелених водоростей. Таке зниження вмісту розчиненого кисню тривало до вересня місяця, після чого вміст останнього поступово починає підвищуватись, а в грудні приймає максимальні значення до $12,2 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Для попередження евтрофних процесів виникає необхідність у здійсненні контролю за динамікою сполук нітрогену і фосфору та спостереження за основними циклами розвитку фітопланктону

В останні роки знизився вміст розчиненого у воді кисню за рахунок підвищення температури повітря влітку. Внаслідок довготривалого підвищення температури води у поверхневих водах розпочинається загибель синьо-зелених водоростей, що призводить до погіршення якості води, зростає вміст мангану, який досягає $2,00 \text{ мг}/\text{дм}^3$ у літні місяці (рис. 5).

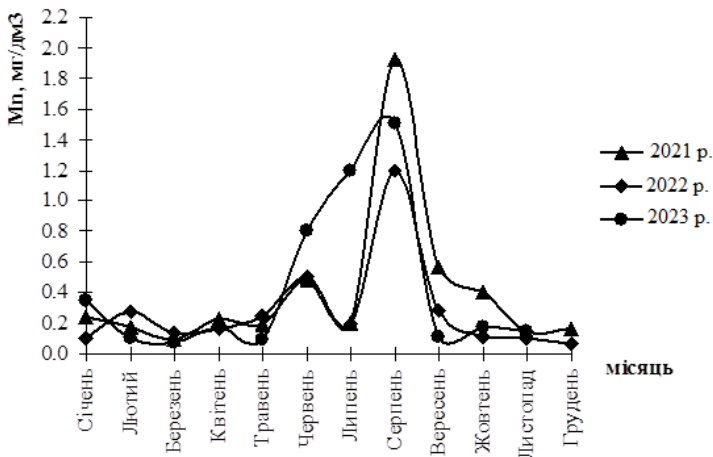


Рис. 5. Середні концентрації мангану в поверхневих водах р. Тетерів поблизу м. Житомира протягом року у 2021-2023 рр.

Згідно водної рамкової директиви 2000/60/EC (WFD) екологічний стан конкретного водного об'єкту оцінюється за специфічними показниками¹³. Таким характерним показником для річки Тетерів і її приток є концентрація іонів мангану.

Манган відноситься до мікроелементів, які істотним чином впливають на метаболічні процеси в організмі рослин і тварин. Він є одним з основних елементів, необхідних для окислення води в процесах фотосинтезу і утилізації карбону в реакціях окиснення навколо зелених водоростей. У водних екосистемах манган в концентраціях, що перевищують гранично допустимі, стає біологічно небезпечним і його можна розглядати як токсикант. Головними чинниками підвищення вмісту мангану у воді є температура і гідробіологічний показник, тобто кількість фітопланктону⁷.

Для встановлення якості води в річці Тетерів було здійснено розрахунок індексу забруднення води. Виходячи з результатів лабораторних досліджень розрахунок виконувався за наступними інгредієнтами: марганець, БПК, розчинений у воді кисень. Були вибрані саме ці показники, так як для поверхневих вод вони є обов'язковими для розрахунків і саме вони є характерними для даного водного об'єкту. Результати розрахунку індексу забруднення води представлені в таблиці 1.

¹³ 2000 Official Journal of the European Communities L 327 0001 – 0073 URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060>

Таблиця 1

Результати розрахунку індексів забруднення води для р. Тетерів

| Показник | Співвідношення С/ГДК (для O ₂ – норматив/концентрація) | |
|----------------------------|--|--------|
| | 2022 | 2023 |
| | БСК _{повн} | 1,754 |
| Розчинений кисень | 0,610 | 0,624 |
| Манган | 7,200 | 8,300 |
| Сума співвідношень | 9,564 | 10,734 |
| Індекс забруднення води | 3,19 | 3,58 |
| Клас якості води | IV | IV |

З таблиці видно, що протягом даних років дослідження води у річці Тетерів індекси забруднення знаходяться в межах 3,19-3,58, що відповідає четвертому класу якості. Це означає, що вода є забрудненою і знаходиться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. При подальшому підвищенні концентрації мангану у воді екосистема може втратити свою рівновагу.

З використанням вище зазначених методик на основі моніторингових досліджень екологічного стану річки Тетерів було розраховано *рівень якості води* водного об'єкту згідно трьохступеневої класифікації: 1) за ознаками повторюваності випадків забруднення; 2) кратності перевищень нормативів; 3) створення узагальнюючих оціночних балів.

Перший ступінь класифікації оснований на встановленні міри стійкості забруднення. Як міра стійкості забруднення використовувалась загально поширена в гідрохімічній практиці величина повторюваності випадків перевищення ГДК, яка знаходилась за формулою:

$$H = \frac{N_{ГДК}}{N} \quad (4)$$

де N – повторюваність випадків перевищення ГДК інгредієнту;
 $N_{ГДК}$ – число результатів аналізу, в яких вміст інгредієнта перевищує його гранично допустиму концентрацію;
 N – загальне число результатів аналізу по інгредієнту.

Це обчислення проводилось по характерному показнику для річки Тетерів, як зазначалось вище це концентрація мангану⁷.

За аналізом забруднення води водних об'єктів по кратності перевищень нормативів окремою забруднюючою речовиною відокремлювались чотири якісно відмінні ступеня рівня забруднення: 1) низький; 2) середній; 3) високий; 4) дуже високий. Якісним вираженням виділених характеристик присвоювались кількісні вирази градацій в балах.

При сполученні першого і другого ступенів класифікації води по кожному з урахованих інгредієнтів отримали узагальнені оцінки якості води за визначений проміжок часу. Обчислена величина повторюваності випадків перевищення ГДК становить 85% порівняно із загальною кількістю результатів (формула 4). Це вказує, що забруднення манганом має домінуючий характер, тобто воно є характерним, оскільки величина повторюваності знаходиться в інтервалі 50–100%. Останнім часом, в умовах високих температурних показників, спостерігається постійне підвищення вмісту мангану у річці Тетерів внаслідок зниження вмісту розчиненого кисню. Дослідження науковців стверджують, що при підвищенні температури води концентрація мангану досягає значень, які в 15 разів перевищують нормативні показники⁷.

5. Дослідження якості води в р. Кам'янка методом фітоіндикації

Протягом літа 2023 р. було реалізовано декілька польових експедицій в межах найбільш урбанізованої ділянки р. Кам'янка (спільна локалізація річки та моста, по якому цілодобово рухається транспорт, по обидва береги даної ділянки річища розміщена приватна забудова з невеликими земельними ділянками сільськогосподарського призначення. Остання дослідна ділянка (№6) завершується впаданням р. Кам'янка до р. Тетерів.

У польових умовах була створена фітоценотека з 6 описів, які включили видовий склад, величину проективного покриття, визначення ролі кожної ценопопуляції окремих макрофітів та прибережно-водних рослин, оцінка життєвості рослин за методикою М. Мусієнка та О. Ольхович із подальшим проведенням аутфітоіндикаційної оцінки гідротопів. У подальшому гідроботанічну інформацію було інтегровано в класифікацію рослинності за Я. Дідухом, І. Хом'яком (створення продромуса), а також проведено синфітоіндикаційну оцінку гідротопів. Описи доповнили польовим виміром загальної мінералізації за допомогою TDS-метра.

Загальна мінералізація води – це сумарний вміст у воді розчинених мінеральних солей, що визначається за сухим залишком після випарювання проби води. До складу солей входять іони Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- тощо.

Окрім макрокомпонентів, джерелом мінералізації можуть бути й мікроелементи, зокрема важкі метали (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , $\text{Cr}^{2+/3+}$). Підвищені концентрації важких металів у воді призводять до зростання загальної мінералізації і посилення токсичного впливу на гідрофіти та гелофіти. Отже, загальна мінералізація опосередковано

відображає рівень забруднення водойми важкими металами та їх негативний вплив на водні рослини.

Існує науково доведений зв'язок між загальною мінералізацією води в річці та життєвістю гідрофітів та гелофітів. Підвищення мінералізації води викликає гіперосмотичний стрес для галофітних видів рослин, що призводить до плазмолізу клітин, пригнічення активного транспорту речовин через мембрани, зниження тургору та в'янення.

Щодо отриманих результатів, то найменший показник життєвості зосереджений на ділянці №5 (2,5 бала), де аналогічно найменша мінералізація (189 мг/дм³). Це можна пояснити тим, що дана ділянка має найбільший потенціал до евтрофікації. Найкраща життєвість вищих водних рослин була виявлена на ділянці №6 (4,8 бала), мінералізація має посереднє значення (277 мг/дм³) у порівнянні з іншими. Тому можна припустити, що референтна ділянка – №6.

Далі представлений деталізований результат синфітоіндикаційної оцінки досліджуваних гідротопів.

Ділянка 1,4. POTAMOGETEA Klika in Klika et Novak 1941: Potamogetalia Koch 1926: Potamogion Libberd 1931: Potametum natantis Hild 1959.

Асоціація *Potametum natantis* належить до класу *Potamogetea* та поширена у прісноводних водоймах лісової та лісостепової зон України. Вона формує угруповання вільноплаваючих гідрофітів у мезотрофних та евтрофних озерах, ставках, річках з повільною течією. За шкалою Елленберга асоціація характеризується високими показниками вологості (F=10) та вмісту азоту (N=7-8), що відповідає її гідрофільності. Домінантним видом є рдесник плаваючий (*Potamogeton natans*), який утворює зарості разом з іншими плаваючими гідрофітами – *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Hydrocharis morsus-ranae*. Асоціація приурочена до мілководних ділянок зі слабкокислою або нейтральною реакцією води (рН 6,5-7,5). Вона відіграє важливу роль у біологічному самоочищенні водойм, є продуцентом органічної речовини та середовищем існування гідробіонтів.

За біоіндикаційними ознаками *Potametum natantis* має помірну чутливість до важких металів, проте види-домінанти, зокрема *P. natans*, здатні до накопичення Cd, Cr, Ni, Pb, Cu. Тому асоціацію можна використовувати для фітомеліорації водойм із помірним забрудненням важкими металами шляхом створення біоплато з гідрофітів. Проте при високих концентраціях металів спостерігатиметься пригнічення видів асоціації *Potametum natantis*.

Ділянка 2, 6. PHRAGMITI-MAGNOCARICETEA Klika in Klika et Novak 1941: Phragmitetalia Koch 1926: Phragmition Koch 1926: Phragmitetum australis Savič 1926.

Асоціація *Phragmitetum australis* належить до класу *Phragmito-Magnocaricetea* і є однією з найпоширеніших гелофітних асоціацій боліт та заболочених лісів лісової та лісостепової зон України. Ця асоціація формується на заболочених ділянках зі слабко– або помірнопроточним режимом зволоження та нейтральною або слаболужною реакцією ґрунтових вод (рН 6,5-7,5). Домінантною рослиною є очерет звичайний (*Phragmites australis*), який утворює щільні зарості. Крім *P. australis*, для асоціації характерні такі види, як осока гостра (*Carex acuta*), рогіз широколистяний (*Typha latifolia*), комиш лісовий (*Scirpus sylvaticus*) та ін. Асоціація *Phragmitetum australis* відіграє важливу ґрунтозахисну, протиерозійну та водорегулюючу роль. Вона також є ценозом-едифікатором в заплавах лісах та на заболочених ділянках різних типів. Згідно екологічної шкали Елленберга, ця асоціація характеризується високими показниками вологості (F=9), реакції ґрунту (R=8) та вмісту азоту (N=8), що відображає її ектопічну приуроченість.

За біоіндикаційними ознаками асоціація *Phragmitetum australis* характеризується стійкістю до забруднення важкими металами та має високий фітомеліоративний потенціал. Домінантна рослина – очерет звичайний – є гіперакумулятором важких металів і може накопичувати значні концентрації Cd, Cu, Ni, Pb, Zn без проявів токсичності. Також в асоціації трапляються *T. latifolia*, *C. acuta* та інші гелофіти, здатні до біоаккумуляції металів. Завдяки цьому *Phragmitetum australis* може бути використана для фітомеліорації та очищення водойм від надлишкового навантаження важкими металами шляхом створення біоплато.

Ділянка 3. POTAMOGETEA Klika in Klika et Novak 1941: Potamogetalia Koch 1926: Ceratophyllion demersi Den Hartog et Segal ex Passarge 1996: Ceratophylletum demersi Corillion 1957.

Асоціація *Ceratophylletum demersi* належить до класу *Potamogetea* та поширена у прісноводних водоймах лісової та лісостепової зон України. За шкалою Елленберга вона характеризується максимальними показниками вологості (F=10) та вмісту азоту (N=8), що відповідає її гідрофільності та приуроченості до евтрофних умов. За шкалою Дідуха асоціація приурочена до водойм гідрокарбонатного класу (НСО₃– 7-8 балів) з лужною реакцією (R=8). Вона утворює занурені угруповання у евтрофних стоячих або слабкопроточних водоймах. Домінантним видом є роголистник занурений (*Ceratophyllum demersum*), який формує щільні зарості на мулистих ґрунтах на глибині 1-3 м. Вона відіграє важливу роль у біологічному самоочищенні водойм та є продуцентом органічної речовини.

За біоіндикаційними ознаками *Ceratophylletum demersi* має помірну чутливість до важких металів. Вид-домінант *C. demersum* здатний накопичувати Cd, Cr, Cu, Ni, Pb. Тому асоціацію можна

використовувати для фітомеліорації водойм із помірним забрудненням важкими металами шляхом створення підводних біоплато. Проте при високих концентраціях металів спостерігатиметься пригнічення *C. demersum*.

Ділянка 5. PHRAGMITI-MAGNOCARICETEA Klika in Klika et Novak 1941: Phragmitetalia Koch 1926: Phragmition Koch 1926: Glycerietum maximae Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý et Danihelka in Chytrý 2011.

Асоціація *Glycerietum maximae* належить до класу *Phragmito-Magnocaricetea* та поширена на заболочених луках у заплавах річок лісової та лісостепової зон України. За шкалою Елленберга вона характеризується високими показниками вологості (F=9-10), вмісту азоту (N=7) та рН (R=7). За шкалою Дідуха приурочена до солонцюватих ґрунтів (Tr=1-3), гідрокарбонатних вод (HCO₃=6-8), нейтральної або слаболужної реакції (R=7-8). Вона формується на сильно зволжених мінеральних ґрунтах із проточним режимом зволоження. Домінантним видом є півники болотні (*Iris pseudacorus*), які утворюють щільні зарості з іншими гігрофітами. Асоціація відіграє важливу ґрунтозахисну роль та є місцем оселення низки рідкісних видів.

За біоіндикаційними ознаками *Glycerietum maximae* характеризується помірною чутливістю до важких металів. *I. pseudacorus* та *C. acuta* здатні акумулювати Cd²⁺, Cr^{2+/3+}, Cu²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺, тому асоціацію можна використовувати для фітомеліорації ґрунтів із помірним забрудненням. Проте при високих концентраціях важких металів буде спостерігатися пригнічення домінантних видів асоціації.

За цими даними можна зробити попередні висновки про стан водного середовища на досліджуваних ділянках з використанням методу фітоіндикації. Зокрема, домінантними та едифікаторними видами на більшості ділянок є *P. natans*, *P. australis*, *Vallisneria spiralis*, що вказує на помірне антропогенне навантаження.

Проте на ділянках 3 і 5 спостерігається домінування *C. demersum*, що може вказувати на більш виражений вплив забруднювачів. Крім того, на ділянці 5 відмічено суттєве зменшення показника життєвості ценопопуляцій більшості видів.

ВИСНОВКИ

Забезпечення якісної води у малих річках є завданням для збереження екологічної стабільності та здоров'я населення. Сучасна методологія оцінки якості вод забезпечує комплексний підхід, що охоплює фізико-хімічні, біологічні та екологічні показники. Використання сучасних інструментів моніторингу та моделювання

допоможе не тільки виявити проблеми на ранніх стадіонах, але й розробити ефективні стратегії для їх вирішення.

Проведено аналіз існуючих методик по кількісній оцінці якості води у водних об'єктах та обґрунтовано використання таких показників як індекс забруднення води, рівень якості води на прикладі р. Тетерів, м. Житомир. Так, у р. Тетерів індекси забруднення знаходиться в межах 3,19 – 3,58, що відповідає четвертому класу якості. Це означає, що вода є забрудненою і знаходиться під значним антропогенним впливом.

Дослідження динаміки змін концентрацій фосфатів та нітритів у р. Тетерів та їх прогнозування за допомогою кореляційно-регресійного аналізу показали, що обидва показники будуть знижуватись до 2026 р. зі значними коефіцієнтами кореляції

Забруднення манганом має домінуючий характеру р. Тетерів. В умовах глобальних кліматичних змін, високих температурних показників, спостерігається постійне підвищення вмісту мангану у річці Тетерів поблизу м. Житомира внаслідок зниження вмісту розчиненого кисню.

Екологічний стан поверхневих вод досліджуваних річок оцінюється в межах II-III класів якості – стан «добрий-задовільний», ступінь чистоти «чиста-забруднена». Сезонна динаміка величин гідрохімічних показників свідчить про прояв весняної самоочисної здатності та погіршення екологічних умов у літньо-осінній період.

В умовах антропогенного навантаження, особливостей окремих річкових басейнів доцільним є застосування фітоіндикаційних підходів для вивчення екологічного стану малих річок.

Згідно з проведеною аутфітоіндикаційною оцінкою досліджуваних ділянок річки Кам'янка в межах міста Житомир було зафіксовано домінування угруповань із такими едіфікаторами як рдесник плаваючий (*Potamogeton natans*), очерет звичайний (*Phragmites australis*), валіснерія спіральна (*Vallisneria spiralis*) на більшості обстежених ділянок (1, 2, 4, 6) із співставленням до характеру розповсюдження ценопопуляцій та показника життєвості. Це вказує на помірне антропогенне навантаження на ці ділянки річки. Водночас на ділянках 3 і 5 домінував роголистник занурений (*Ceratophyllum demersum*), що може свідчити про більш виражений вплив забруднювачів саме на цих ділянках.

За результатами геоботанічних описів та подальшою фітоценотичною обробкою було складено такий продромус рослинності досліджуваних ділянок р. Кам'янка: Ділянка 1,4. Potamogetea Klika in Klika et Novak 1941: Potamogetalia Koch 1926: Potamogion Libberd 1931: Potametum natantis Hild 1959. Ділянка 2, 6. Phragmiti-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak 1941: Phragmitetalia

Koch 1926: Phragmition Koch 1926: Phragmitetum australis Savič 1926. Ділянка 3. Potamogetea Klika in Klika et Novak 1941: Potamogetalia Koch 1926: Ceratophyllion demersi Den Hartog et Segal ex Passarge 1996: Ceratophylletum demersi Corillion 1957. Ділянка 5. Phragmiti-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak 1941: Phragmitetalia Koch 1926: Phragmition Koch 1926: Glycerietum maximae Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý et Danhelka in Chytrý 2011. За синфітоіндикаційною оцінкою можна стверджувати про задовільну екологічну ситуацію, проте на ділянці 5 відмічено суттєве зменшення показника життєвості ценопопуляцій більшості видів.

Збереження та відновлення якості води у малих річках є ключовою умовою для забезпечення сталого розвитку регіонів, збереження біорізноманіття та підтримання життєдіяльності.

АНОТАЦІЯ

У розділі монографії розглядаються основні фактори, що впливають на якість води в малих річкових системах, та методи їх оцінки. Описані сучасні підходи до моніторингу вод, зокрема фізико-хімічні та біологічні показники, і проаналізовані причини виникнення, серед яких промислові скиди, сільськогосподарські засоби та урбанізація. Особливу увагу приділено дослідженню річки Тетерів, де зафіксовано забруднення води фосфатами, нітритами та манганом. Показано, що використання інструментів моніторингу та прогнозування може сприяти швидкому виявленню проблеми та розробці ефективних заходів для збереження стабільної екологічності. Збереження якості води у малих річках є ключовим фактором для забезпечення сталого розвитку регіону

Література

1. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, О.М. Петрук та ін. Київ, 2007. 67 с.
2. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. / В.І. Вишневський – К.: Віпол, 2000. 376 с.
3. «Водний кодекс України» (1995, з подальшими змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Текст>
4. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (2017). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>
5. Ecological monitoring of small water systems: Algorithm, software package, the results of application to the Uzh river basin (Ukraine), Kotsiuba, I.G., Skyba, G.V., Skuratovskaya, I.A., Lyko, S.M., *Methods and Objects of Chemical Analysis*, 2019, 14(4), p. 201. URL <https://doi.org/10.17721/moca.2019.200-207>

6. Arkhipchuk V.V., Malinovskaya M.V. Application of a complex approach in biotesting of natural waters // Chemistry and water technology. 2000. 22. No. 4. pp. 428–443.

7. Skyba G, Kolodii M. Quantitative assessment of water quality in the Vidsichne reservoir (Zhytomyr, Ukraine). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technology, Social and Economic Matters (ICSF-2023) 22/05/2023 – 26/05/2023 / Kryvyi Rih, Ukraine. 2023. Vol.1254. P. 012084. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012084>

8. Assessment of water quality in Aguieira reservoir: Ecotoxicological tools in addition to the Water Framework Directive / I. Pinto, S. Rodrigues, O.M. Lage, S.C. Antunes. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2021. V. 208. P. 111583 URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111583>

9. Szoszkiewicz K., Jusik S., Lewin I., CzerniawskaKusza I., Kupiec J. M., Szostak M. Macrophyte and macroinvertebrate patterns in unimpacted mountain rivers of two European ecoregions. Hydrobiologia. 2018. Vol. 805. P. 327–342. URL: <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3435-5>

10. Herasymchuk L., Romanchuk L., Valerko R. Water quality from the sources of non-centralized water supply within the rural settlements of Zhytomyr region. Ekologia (Bratislava). 2022. Vol. 41, No. 2. P. 126–134. URL: <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0013>

11. Кірейцева Г., Герасимчук О., Скиба Г., Хоменко С. Біоіндикаційна оцінка екологічного стану р. Кам'янка в м. Житомирі за допомогою MIR-індексу. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2024 (146). С. 58-65. URL: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.3.8>

12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Житомирської області у 2022 році. URL: <https://eprdep.zht.gov.ua/Regionalna%20dopovidj%202023.pdf>

13. 2000 Official Journal of the European Communities L 327 0001 – 0073 URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060>

14. Tsyhanenko-Dziubenko I., Kireitseva H., Demchuk L., Vovk V. Hydrochemical Determination of the Teteriv River and the Kamianka River Eutrophication Potential. 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. EAGE Publications BV, 2023. Vol. 2023, No. 1. P. 1-5. DOI: 10.3997/2214-4609.2023520089

15. Циганенко-Дзюбенко І. Ю., Кірейцева Г. В., Демчук Л. І., Скиба Г. В., Вовк В. М. Оцінка стану та фігуремедіаційного потенціалу антропогенно трансформованих гідроекосистем Малинщини. Екологічні науки. 2023. Вип. 5 (50). С. 81-87. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.12

16. Кірейцева Г., Циганенко-Дзюбенко І., Замула І., Демчук Л. Аналіз стану та моніторинг поверхневих водних об'єктів Чернігівської

області. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2024. Вип. 1(144). С. 84-91. DOI: 10.32782/1995-0519.2024.1.11

17. Циганенко-Дзюбенко І., Хом'як І., Кірейцева Г. Моделювання динаміки водних і прибережно-водних рослинних угруповань у пост-мілітарних умовах. Проблеми хімії та сталого розвитку. 2023. Вип. 2. С. 26-37. DOI: 10.32782/pcsd-2023-2-7

18. Хоменко С. В., Тарасюк Г. М., Кірейцева Г. В., Демчук Л. І., Циганенко-Дзюбенко І. Ю. SWOT-аналіз рекреаційно-туристичного потенціалу Житомирської області. Екологічні науки. 2023. Вип. 4 (49). С. 194-199. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.25

19. Kireitseva H., Šerevičienė V., Zamula I., Khrutba V. Internal and external factors of use and conservation of water resources in Zhytomyr region. Journal Environmental Problems. 2024. Vol. 9, No. 1. P. 43-50. DOI: 10.23939/ep2024.01.043

Information about the authors:

Skyba Galyna Vitaliyivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate professor at the Department of the Earth Sciences

Zhytomyr Polytechnic State University

103, Chudnivska str., Zhytomyr, 10005, Ukraine

Kireitseva Hanna Viktorivna,

Candidate of Economic Sciences,

Associate professor at the Department

of Ecology and Environmental Technologies

Zhytomyr Polytechnic State University

103, Chudnivska str., Zhytomyr, 10005, Ukraine

Tsyhanenko-Dziubenko Illia Yuriiiovych,

Postgraduate Student at the Department

of Ecology and Environmental Technologies

Zhytomyr Polytechnic State University

103, Chudnivska str., Zhytomyr, 10005, Ukraine