

УДК 556.3:628.1 (477.42)

<https://doi.org/10.31073/ecobezpeka202507-01>

## ГІДРОХІМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ РІЧКИ ТЕТЕРІВ У МЕЖАХ ПИТНОГО ВОДОЗАБОРУ МІСТА ЖИТОМИР

Валерко Р. А., Бондарчук В. М., Кірейцева Г. В.  
Державний університет «Житомирська політехніка»  
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005  
*valerko\_ruslana@ukr.net,*  
*kvm\_bvm@ztu.edu.ua*

Гідрохімічний стан річки Тетерів є визначальним фактором екологічної безпеки та якісного питного водопостачання міста Житомир. У межах дослідження проведено комплексний аналіз гідрохімічних показників води річки Тетерів у межах питного водозабору м. Житомир за період 2000-2024 років на основі отриманих даних моніторингу Басейнового управління водних ресурсів річки Прип'ять (далі – БУВР). Було проаналізовано динаміку таких показників як: біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>), розчинений кисень, завислі речовини, сульфати, хлориди, фосфати, нітрати та нітрити.

Дослідження базується на даних «Звітів загального користування» Державного агентства водних ресурсів України (далі – Держводагентство) та результатах моніторингу БУВР Прип'яті. Для аналізу динаміки показників було застосовано поліноміальні тренди різних ступенів з оцінкою величини вірогідності апроксимації. Особливу увагу приділено виявленню сезонних коливань та відхилень від нормативних значень, встановлених для водойм питного призначення.

Результати дослідження показали, що показник БСК<sub>5</sub> коливався в межах 2,08–7,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, причому середні значення відповідали нормативу ( $\leq 3$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) лише у 2011, 2012, 2014 та 2015 роках. Вміст розчиненого кисню знаходився у межах 6,0–14,56 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що відповідало нормативним вимогам ( $\geq 4,0$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Вміст завислих речовин не перевищував нормативів, за винятком періоду березня 2003 року (17 мг/дм<sup>3</sup>, що у 1,13 рази більше норми).

Середній вміст сульфатів знаходився у межах 22–87 мг/дм<sup>3</sup>, що не перевищувало встановлену норму (100 мг/дм<sup>3</sup>). Концентрація хлоридів варіювала від 9,4 до 81,5 мг/дм<sup>3</sup>, залишаючись нижче допустимого рівня (300 мг/дм<sup>3</sup>). Вміст фосфатів у воді становив 0,028–0,105 мг/дм<sup>3</sup>, що значно нижче допустимого значення (0,7 мг/дм<sup>3</sup>).

Концентрація азоту амонійного, у деякі роки перевищувала нормативні значення ( $\leq 0,5$  мг/дм<sup>3</sup>): у 2000 році – у 1,11 рази, у 2001 – у 1,07 рази, у 2004 – у 1,14 рази, у 2005 – у 1,4 рази, у 2006 – у 1,08 рази. Вміст нітратів варіював у межах 1,9–3,3 мг/дм<sup>3</sup>, що не перевищувало нормативні показники. Вміст нітритів у воді зафіксовано у межах 0,001–0,20 мг/дм<sup>3</sup>, причому у 2,96% випадків перевищено допустиму норму (0,02 мг/дм<sup>3</sup>).

Отримані результати підтверджують необхідність посилення системного моніторингу та реалізації заходів щодо покращення якості води у питному водозаборі м. Житомир. Проведений аналіз може бути використаний для розроблення екологічних програм, оптимізації методів очищення води та забезпечення сталого водопостачання.

**Ключові слова:** гідрохімічний моніторинг, річка Тетерів, питний водозабір, якість води, екологічна безпека, водопостачання, забруднення.

**Hydrochemical Monitoring of the Teteriv River Within the Drinking Water Intake Area of Zhytomyr.** Valerko R. A., Bondarchuk V. M., Kireitseva H.V.

The hydrochemical state of the Teteriv River is a crucial factor in the environmental safety and quality of drinking water supply for the city of Zhytomyr. This study presents a comprehensive analysis of the hydrochemical parameters of the Teteriv River's water within the Zhytomyr drinking water intake area for the period 2000–2024, based on monitoring data from the Pripyat Basin Water Resources Management (BUVR). The study examined the dynamics of such indicators as biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), dissolved oxygen, suspended solids, sulfates, chlorides, phosphates, nitrates, and nitrites.

The study is based on 'Public Reports' from the State Water Resources Agency of Ukraine and monitoring results from the Pripyat Basin Water Resources Management. Polynomial trends of various degrees with assessment of approximation reliability were used to analyze the dynamics of indicators. Special attention was paid to identifying seasonal fluctuations and deviations from regulatory values established for drinking water reservoirs.

The research findings indicate that the BOD<sub>5</sub> levels ranged from 2.08 to 7.22 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, with average values meeting the regulatory standard ( $\leq 3$  mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) only in 2011, 2012, 2014, and 2015. Dissolved oxygen levels were within 6.0–14.56 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, conforming to the regulatory requirements ( $\geq 4.0$  mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>). The content of suspended solids did not exceed the standards, except for March 2003 (17 mg/dm<sup>3</sup>, which exceeded the norm by 1.13 times).

The average sulfate concentration ranged from 22 to 87 mg/dm<sup>3</sup>, remaining below the established limit (100 mg/dm<sup>3</sup>). Chloride levels varied between 9.4 and 81.5 mg/dm<sup>3</sup>, staying within the permissible level (300 mg/dm<sup>3</sup>). The concentration of phosphates in water was 0.028–0.105 mg/dm<sup>3</sup>, significantly below the allowable limit (0.7 mg/dm<sup>3</sup>).

Ammonium nitrogen concentration exceeded the regulatory values ( $\leq 0.5$  mg/dm<sup>3</sup>) in certain years: in 2000 by 1.11 times, in 2001 by 1.07 times, in 2004 by 1.14 times, in 2005 by 1.4 times, and in 2006 by 1.08 times. Nitrate levels varied from 1.9 to 3.3 mg/dm<sup>3</sup>, staying within regulatory limits. Nitrite concentrations ranged from 0.001 to 0.20 mg/dm<sup>3</sup>, with 2.96% of cases exceeding the permissible limit (0.02 mg/dm<sup>3</sup>).

The obtained results confirm the necessity of strengthening systematic monitoring and implementing measures to improve water quality

in the Zhytomyr drinking water intake area. The conducted analysis can be used for developing environmental programs, optimizing water purification methods, and ensuring sustainable water supply.

**Keywords:** hydrochemical monitoring, Teteriv River, drinking water intake, water quality, environmental safety, water supply, pollution.

## Постановка проблеми

Гідрохімічний стан річки Тетерів має вирішальне значення для екологічної безпеки та якості питного водопостачання міста Житомир. В умовах сучасного техногенного розвитку, стрімкої урбанізації та активного сільськогосподарського використання водних ресурсів річки, зростає ризик її хімічного забруднення. Основними факторами, що впливають на якість води у межах питного водозабору, є: антропогенне навантаження, агрохімічне забруднення, кліматичні зміни та природні фактори [1].

Відсутність належного контролю за гідрохімічними параметрами може призвести до поступового погіршення якості води, що безпосередньо вплине на стан здоров'я населення та функціонування системи централізованого водопостачання [2].

## Актуальність дослідження

Загальновідомо, що прісна вода є критично важливим ресурсом для всього світу, а її якість безпосередньо впливає на здоров'я населення.

Зростання потреб у водних ресурсах спричиняє значний вплив на водний баланс, функціонування екосистем та суспільний розвиток [3, 4].

У зв'язку з цим проблеми раціонального водокористування стають першочерговими для багатьох країн, оскільки вони визначають рівень екологічної, економічної та продовольчої безпеки. Крім того, доступність якісних водних ресурсів є важливим чинником сталого розвитку територій.

В Україні основним джерелом водопостачання є поверхневі води, які нині зазнають значного забруднення та виснаження, що часто не

дозволяє використовувати їх відповідно до санітарних норм [5, 6]. Попри критичний стан водних ресурсів, заходи з їхнього відновлення та фінансування програм щодо покращення якості води здійснюються недостатньо [7, 8]. Крім того, незважаючи на значний спад нинішнього промислового виробництва, проблема забруднення водних ресурсів залишається досить актуальною [9, 10].

Попередні дослідження показують наявність тенденції до погіршення якості води, що може нести потенційні ризики для здоров'я населення та функціонування системи водопостачання. Однак, системний моніторинг хімічного складу води у межах питного водозабору м. Житомир потребує поглибленого аналізу з метою визначення динаміки змін, виявлення основних джерел забруднення та розроблення ефективних заходів для покращення ситуації що склалася.

Проведення системного гідрохімічного моніторингу дозволить виявити динаміку змін складу води, оцінити рівень забруднення та своєчасно вжити заходи для запобігання екологічним ризикам. Оскільки р. Тетерів є основним джерелом питного водопостачання для міста, отриманні результати дослідження будуть корисними для місцевих органів влади, підприємств водопостачання та природоохоронних організацій.

## Мета роботи

Метою дослідження є проведення комплексного гідрохімічного моніторингу р. Тетерів у межах питного водозабору м. Житомир для виявлення основних забруднюючих речовин та факторів, що впливають на її хімічний склад.

## Викладення основного матеріалу

Інформаційною базою наукового дослідження стали «Звіти загального користування» Держводагентства. Для дослідження були використані дані моніторингу БУВР Прип'яті за період 2000–2024 роки [10]. За досліджуваний період було оцінено динаміку таких гідрохімічних показників: біохімічного споживання кисню (БСК5), розчиненого кисню, завислих речовин, сульфатів, хлоридів, фосфатів, нітратів та нітритів.

Показник БСК5 у воді питного водозабору м. Житомир за досліджуваний період 2000–2024 рр. знаходився на рівні 2,08–7,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Середні значення у межах нормативу (3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) зафіксовані лише у 2011, 2012, 2014 та 2015 роках. Загалом же середній вміст БСК5 описується поліноміальним трендом 5-го ступеня з величиною вірогідності апроксимації  $R^2 = 0,4048$  (рис. 1).

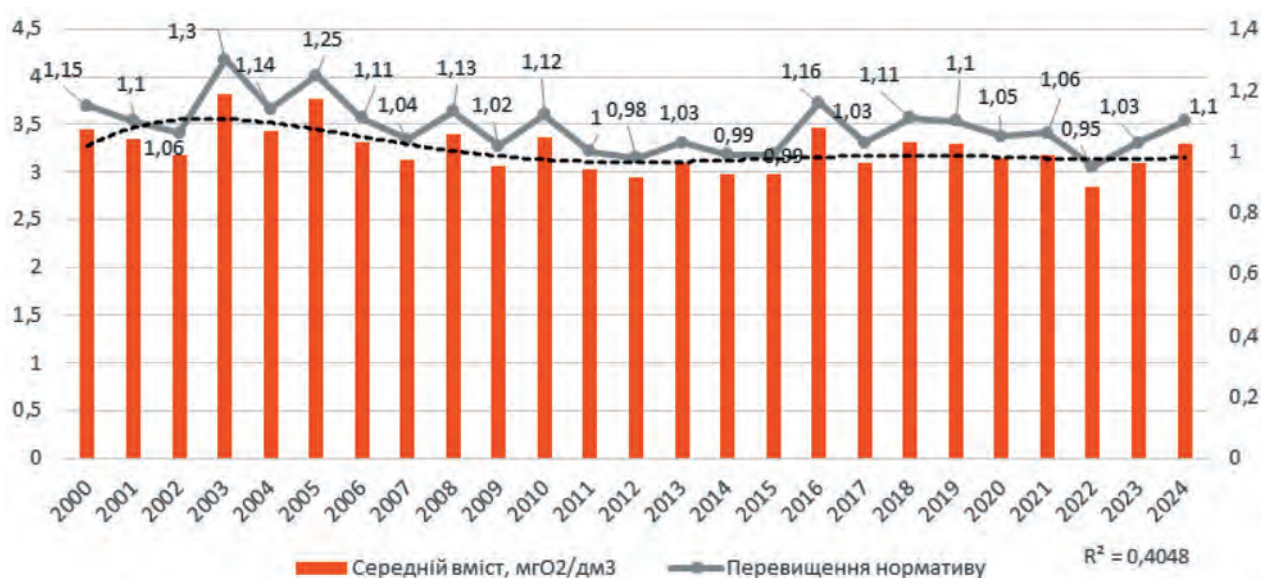


Рисунок 1. Динаміка середнього вмісту та перевищення нормативу БСК5 у питному водозаборі протягом 2000–2024 рр.

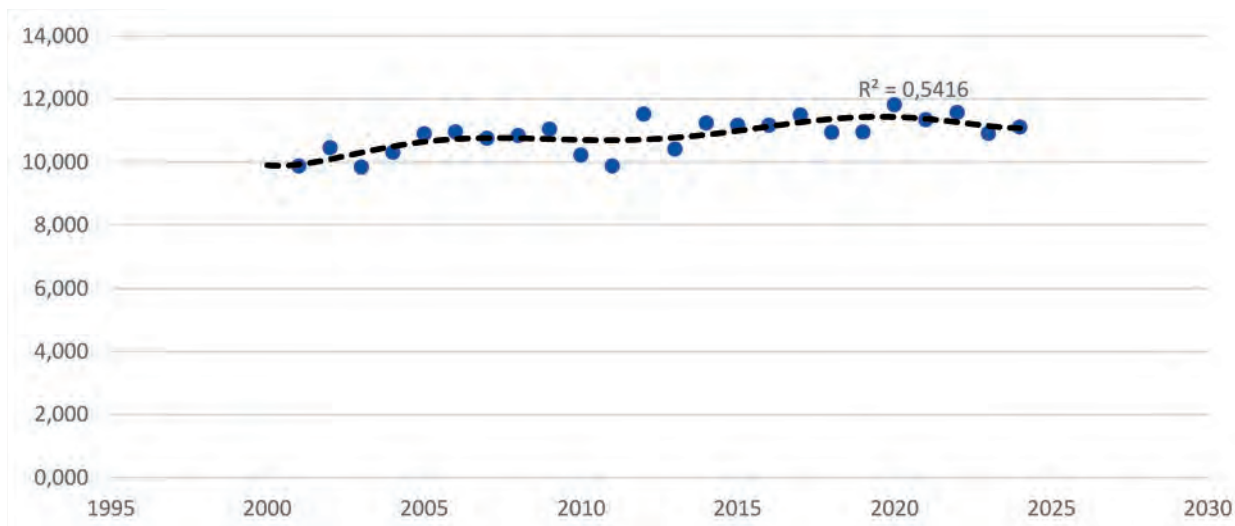


Рисунок 2. Динаміка середнього вмісту розчиненого кисню у питному водозаборі протягом 2000–2024 рр., мгО<sup>2</sup>/дм<sup>3</sup>

Вміст розчиненого кисню протягом досліджуваного періоду знаходився на рівні від 6,0 до 14,56 мгО<sup>2</sup>/дм<sup>3</sup>, що відповідає нормі (не нижче 4,0 мгО<sup>2</sup>/дм<sup>3</sup>). Середній вміст розчиненого кисню описується поліноміальним трендом 6-го ступеня з величиною вірогідності апроксимації  $R^2 = 0,5416$  (рис. 2).

Динаміка середнього вмісту завислих речовин у питному водозаборі м. Житомир протягом 2000–2024 років зображена на рисунку 3. Перевищень нормативу вмісту завислих речовин, за

досліджуваній період, не виявлено. Виключення склав лише березень 2003 р., коли значення показника знаходилося на рівні 17 мг/дм<sup>3</sup> та перевищувало норматив у 1,13 разів. Середній вміст суспендованих речовин описується поліноміальним трендом 4-го ступеня з величиною вірогідності апроксимації  $R^2 = 0,3992$ .

Середній вміст сульфатів у воді протягом 2000–2024 рр., знаходився у межах від 22 до 87 мг/дм<sup>3</sup> і не перевищував встановлену норму 100 мг/дм<sup>3</sup>.

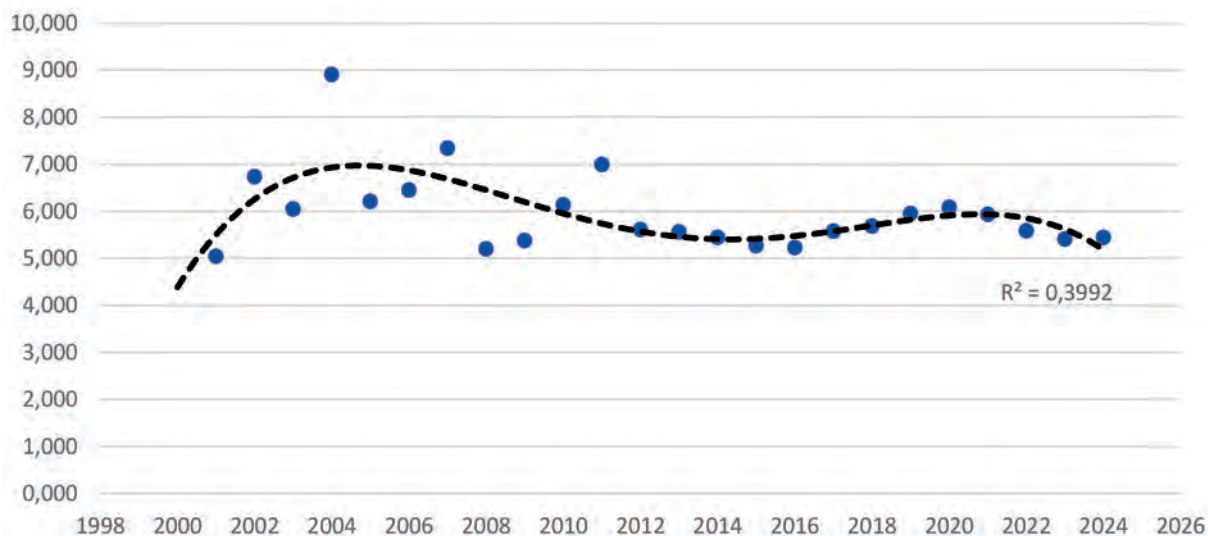


Рисунок 3. Динаміка вмісту завислих речовин у питному водозаборі протягом 2000–2024 рр., мг/дм<sup>3</sup>

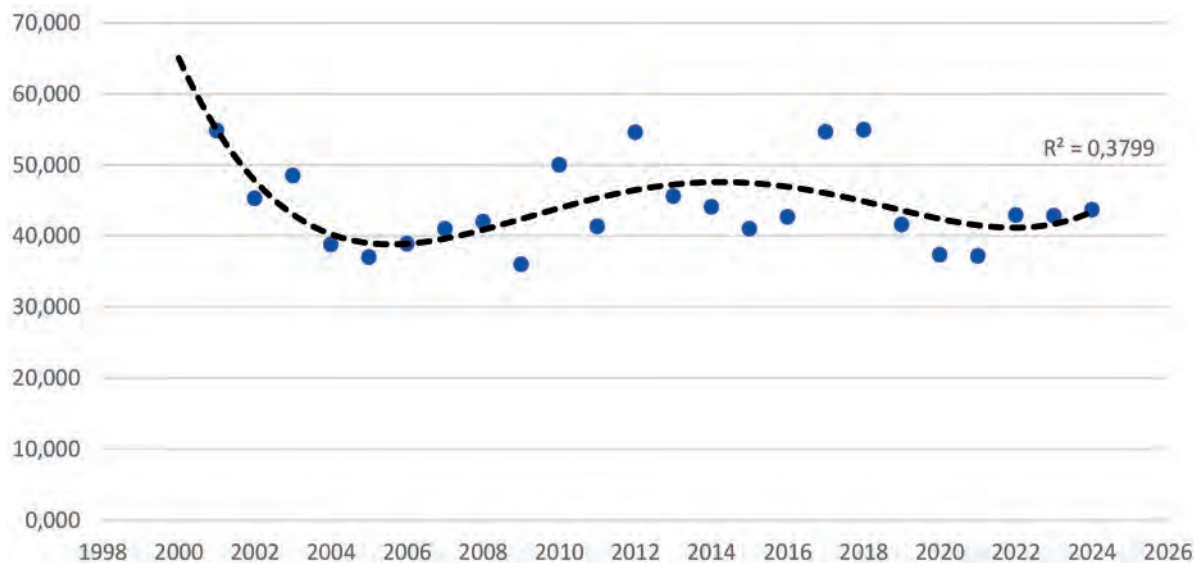


Рисунок 4. Динаміка вмісту сульфатів у питному водозаборі протягом 2000–2024 рр., мг/дм<sup>3</sup>

Найбільші значення їх середнього вмісту фіксувались у 2012, 2018 та 2018 роках. Середній вміст сульфатів описується поліноміальним трендом 4-го ступеня з величиною вірогідності апроксимації  $R^2 = 0,3799$  (рис. 4).

Середній вміст хлоридів у воді питного водозабору протягом 2000–2024 років варіював у межах від 9,4 до 81,5 мг/дм<sup>3</sup> і не перевищував встановлену норму 300 мг/дм<sup>3</sup>. Середній вміст

хлоридів описується поліноміальним трендом 5-го ступеня з величиною вірогідності апроксимації  $R^2 = 0,1633$  (рис. 5).

Середній вміст фосфатів у воді протягом 2000–2024 років знаходився у межах від 0,028 до 0,105 мг/дм<sup>3</sup> і не перевищував встановлену норму 0,7 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 6).

Середній вміст азоту амонійного у воді питного водозабору протягом досліджуваного періоду

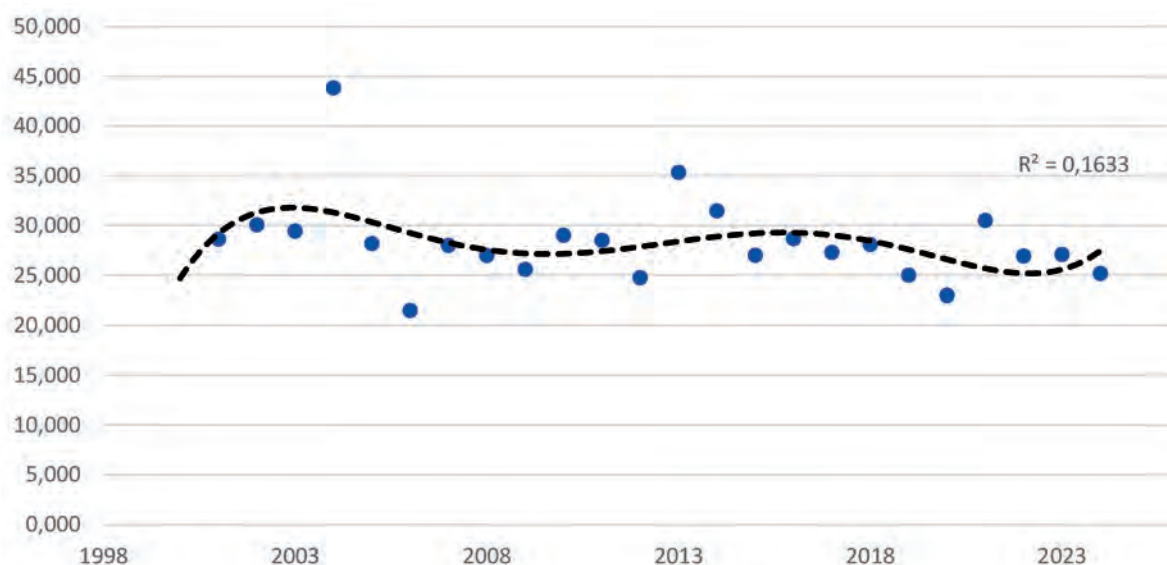


Рисунок 5. Динаміка вмісту хлоридів у питному водозаборі протягом 2000–2024 рр., мг/дм<sup>3</sup>

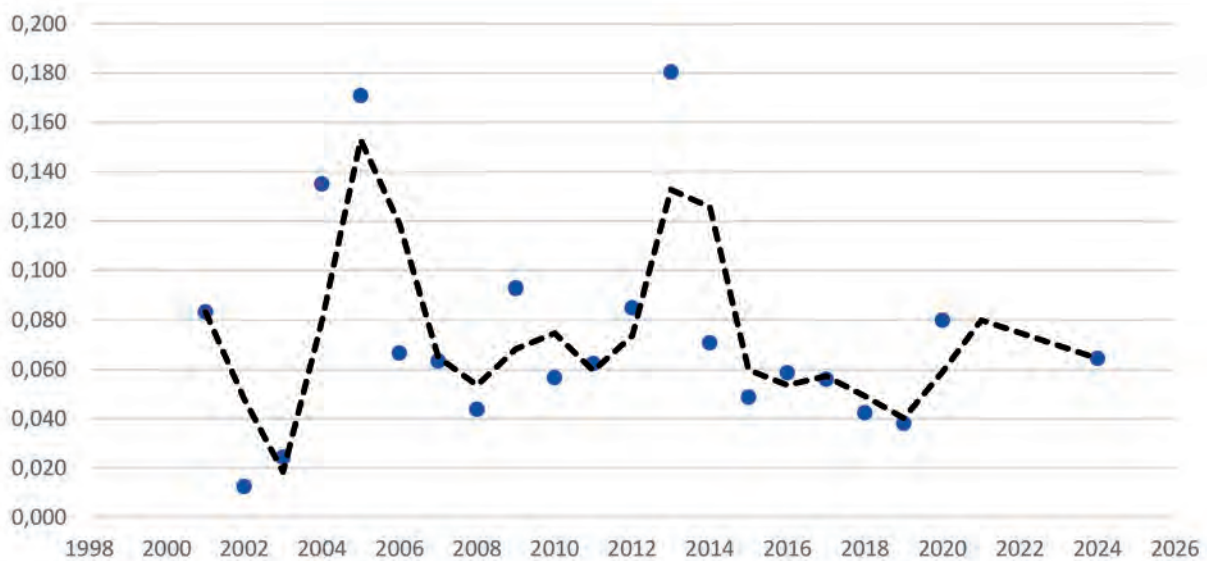


Рисунок 6. Динаміка вмісту фосфатів у питному водозаборі протягом 2000–2024 років, мг/дм<sup>3</sup>

перевищував нормативні значення у 2000 (1,11 рази), 2001 (1,07 рази), 2004 (1,14 рази), 2005 (1,4 рази) та 2006 (1,08 рази) роках.

Середній вміст азоту амонійного описується поліноміальним трендом 6-го ступеня з величиною вірогідності апроксимації  $R^2 = 0,6065$  (рис. 7).

Середній вміст нітратів не перевищував встановленої норми і коливався у воді у межах 1,9–3,3 мг/дм<sup>3</sup>. Середній вміст нітратів описується

поліноміальним трендом 6-го ступеня з величиною вірогідності апроксимації  $R^2 = 0,6577$  (рис. 8).

Вміст нітритів у воді за досліджуваний період знаходився у межах 0,001–0,20 мг/дм<sup>3</sup>. За вмістом нітритів відхилення від норми виявлено у 2,96% аналізованих значень (у 1,5 рази у січні 2015 р., та жовтні 2011 р., у 2,5 рази – у квітні 2005 р., у 1,1 та 1,7 рази – у червні 2003 та 2006 р., у 1,2 рази – у вересні 2013 роках).

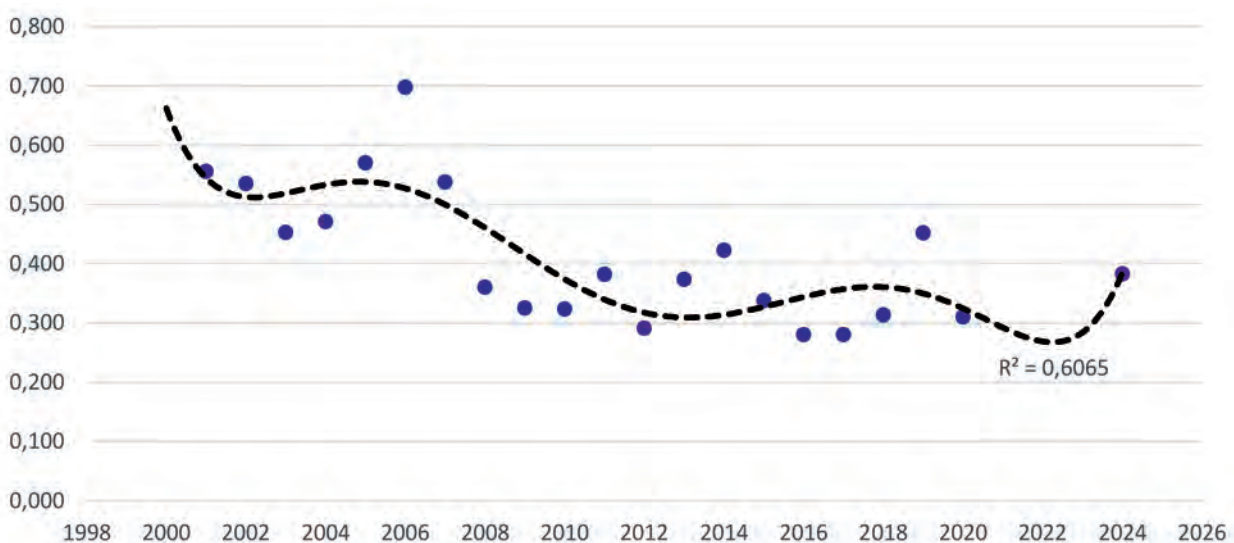


Рисунок 7. Динаміка вмісту азоту амонійного у питному водозаборі протягом 2000–2024 рр., мг/дм<sup>3</sup>

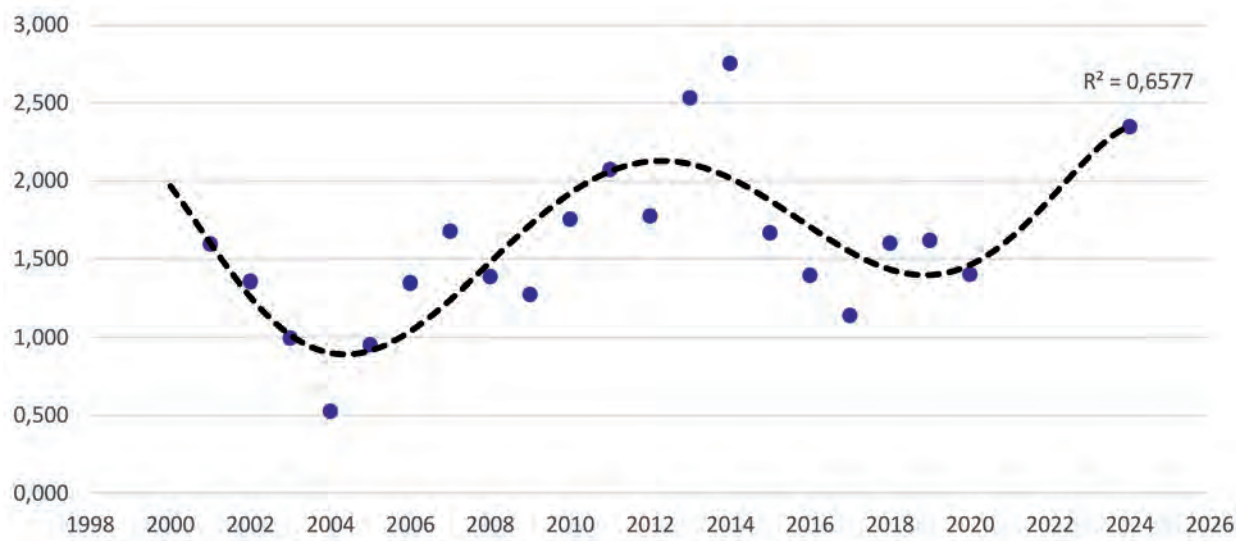


Рисунок 8. Динаміка вмісту нітратів у питному водозаборі протягом 2000–2024 рр., мг/дм<sup>3</sup>

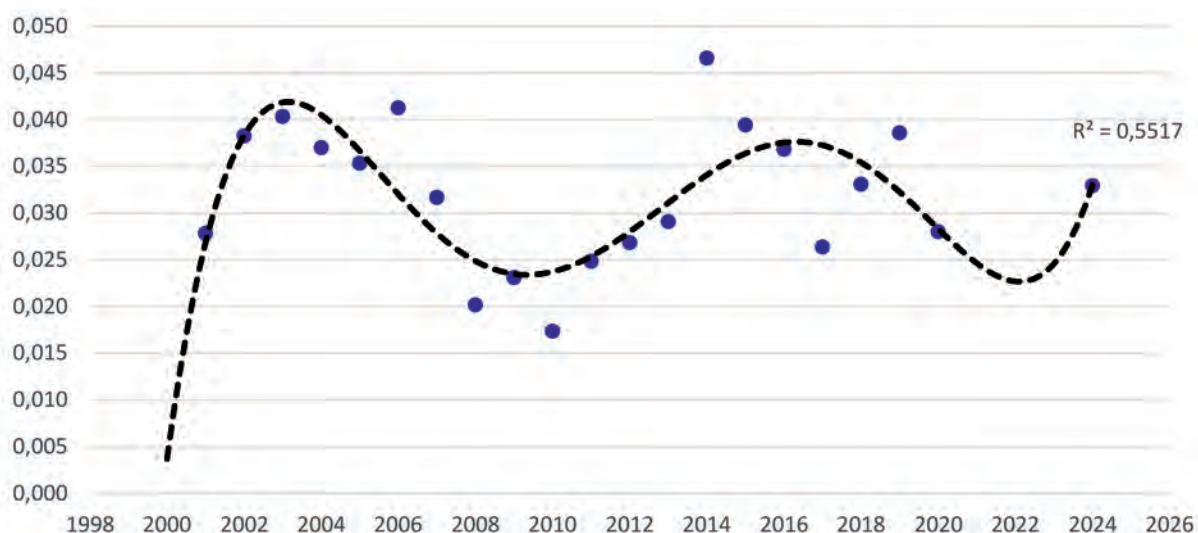


Рисунок 9. Динаміка вмісту нітритів у питному водозаборі протягом 2000–2024 рр., мг/дм<sup>3</sup>

Середній вміст нітритів описується поліноміальним трендом 5-го ступеня з величиною вірогідності апроксимації  $R^2 = 0,5517$  (рис. 9).

Отже, отримані результати підтверджують необхідність системного гідрохімічного моніторингу р. Тетерів, зокрема в районі питного водозабору м. Житомир.

Регулярне відстеження змін хімічного складу води дозволить завчасно виявляти джерела забруднення та розробляти ефективні заходи щодо їх усунення.

## Висновки

На основі проведеного дослідження та отриманих результатів гідрохімічного стану р. Тетерів у межах питного водозабору м. Житомир за період 2000–2024 рр., було виявлено неоднорідну динаміку забруднення водного об'єкта. Аналіз результатів показав, що найбільш проблемними виявилися показники БСК<sub>5</sub>, де перевищення нормативу 3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> спостерігалось практично протягом всього досліджуваного періоду, за винятком 2011, 2012, 2014 та 2015 років;

азот амонійний, який перевищував норматив у 2000–2001 та 2004–2006 рр., до 1,4 рази; та нітриту, для яких було зафіксовано перевищення нормативу у 2,96% випадків з максимальним перевищенням у 2,5 рази. Водночас, низка показників продемонструвала позитивну динаміку та відповідність нормативам: розчинений кисень стабільно знаходився в межах норми, завислі речовини мали лише одиничне перевищення у березні 2003 року, сульфати та хлориди були стабільно нижче нормативних значень, фосфати значно не перевищували гранично допустимих концентрацій, а нітрати залишалися в межах норми протягом всього періоду спостережень.

Аналіз трендів досліджуваних показників виявив найвищу достовірність апроксимації для нітратів ( $R^2 = 0,6577$ ) та азоту амонійного ( $R^2 = 0,6065$ ), середню достовірність для нітритів ( $R^2 = 0,5517$ ) та розчиненого кисню ( $R^2 = 0,5416$ ), а також низьку достовірність для хлоридів ( $R^2 = 0,1633$ ), що свідчить про хаотичність змін цього показника. Крім того, було виявлено сезонність коливань окремих показників та їх залежність від природних та антропогенних факторів, що потребує додаткового вивчення для розробки превентивних заходів.

## Висновки

Отримані результати дослідження можуть бути використані для розроблення системи раннього попередження про погіршення якості води, оптимізації режимів роботи очисних споруд, створення прогностичних моделей зміни якості води та обґрунтування необхідності модернізації системи водопідготовки.

Також отримані дані можуть стати основою для розроблення рекомендацій щодо зменшення антропогенного навантаження на водний об'єкт, вдосконалення системи моніторингу якості води та планування природоохоронних заходів з відповідним фінансуванням. На основі проведеного дослідження можливе створення геоінформаційної системи моніторингу якості води, розроблення муніципальних програм з покращення якості питної води та обґрунтування інвестиційних проєктів з модернізації системи водопостачання міста Житомир.

## Список використаних джерел

1. Аналіз стану та моніторинг поверхневих водних об'єктів Чернігівської області. / Г. Кірейцева та ін. Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. 2024. вип. 1. С. 84–91.
2. Герасимчук Л., Валерко Р., Калініченко І. Оцінка якості води системи централізованого водопостачання м. Житомир та наслідки від її споживання. Водні біоресурси та аквакультура. 2021. Вип. 2. С. 118–127. URL: <https://doi.org/10.32851/wba.2021.2.10>.
3. Huang Z., Hejazi M., Li X., Tang Q., Vernon C., Leng G., Liu Y., Döll P., Eisner S., Gerten D., Hanasaki N., Wada, Y.: Reconstruction of global gridded monthly sectoral water withdrawals for 1971–2010 and analysis of their spatiotemporal patterns. Hydrol. Earth Syst. Sci. 2018. 22: 2117–2133. <https://doi.org/10.5194/hess-22-2117-2018>.
4. Левковська Л., Мандзик В. Теоретичні засади формування системи сталого водозабезпечення в умовах екологічних обмежень. Економіка природокористування і сталий розвиток. 2020. № 7. С. 32–39.
5. Герасимчук Л., Валерко Р. Стан питних водозаборів Житомирської області як індикатора безпеки водокористування. Водні екосистеми у контексті євроінтеграції: реалії та перспективи : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., приуроченої до Всесвітнього дня водних ресурсів. Житомир, Україна, 21 берез. 2019. Житомир : ЖНАЕУ, С. 123–125.
6. Лотоцька О.В., Кондратюк В.А., Кучер С. В. Якість питної води як одна з детермінант громадського здоров'я в Західному регіоні України. Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. 2019. № 1. С. 12-18. DOI: 10.11603/1681-2786.2019.1.10278.
7. Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Члек О. М., Миколайчук О. В., Муляр А. П. Фінансове забезпечення сфери охорони навколишнього природного середовища в Житомирській області. Екологічні науки. 2023. №. 4 (49). С. 153-158. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.есо.4-49.20.
8. Осадчий В. І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. Матеріали наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 31 травня 2017 р. Вісник На-

ціональної академії наук України. 2017. № 8. С. 29–46.

9. Шумигай І.В., Манішевська Н.М., Постоєнко Д.М., Мороз В.В. Гідрохімічний режим та екологічний стан водного басейну р. Тетерів. Агро-екологічний журнал. 2020. № 4. С. 47-58. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219445>.

10. Kotsiuba I., Skyba G., Skuratovskaya I., Lyko S. Ecological Monitoring of Small Water

Systems: Algorithm, Software Package, the Results of Application to the Uzh River Basin (Ukraine). Methods and objects of chemical analysis, Article. 14, 2019. № 4. P. 200–207. URL: [http://moca.net.ua/print/moca\\_2019\\_14\(4\)\\_200-207p.pdf](http://moca.net.ua/print/moca_2019_14(4)_200-207p.pdf).

11. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України / Державне агентство водних ресурсів України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/Reporting/ViewReports/ViewReport?id=394>.