

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет ветеринарної медицини та тваринництва

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЗВЄРЄВА МАРІЯ МИКОЛАЇВНА

УДК 628.1:628.16

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ
КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА “ЖИТОМИРВОДОКАНАЛ”**

207 «Водні біоресурси та аквакультура»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Марія ЗВЄРЄВА

Керівник роботи:
Діна ЛІСОГУРСЬКА,
кандидат с.-г. наук, доцент

Житомир – 2026

Висновок кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури

за результатами попереднього захисту:

Протокол засідання кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
№ __ від «__» _____ 2026 р.

Завідувач кафедри
біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Діна ЛІСОГУРСЬКА

«__» _____ 2026 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти Марія ЗВЕРЄВА захистила кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Зверєва М.М. Дослідження якості питної води централізованого водопостачання комунального підприємства “Житомирводоканал”. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура». – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Встановлено, що показники якості води загалом відповідали нормативним вимогам України, однак забарвленість та каламутність характеризувалися підвищеною сезонною варіабельністю та періодичним перевищенням нормативних значень. За результатами дослідження підтверджено загальну безпечність питної води централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал» та визначено необхідність посилення контролю за окремими органолептичними показниками і вмістом алюмінію у періоди сезонної нестабільності.

Ключові слова: питна вода, централізоване водопостачання, якість води, органолептичні показники, фізико-хімічні показники, мікроелементи, водопідготовка, Житомирводоканал.

ANNOTATION

Zvierieva M.M. Study of Drinking Water Quality in the Centralized Water Supply System of the Municipal Enterprise “Zhytomyrvodokanal”. – Qualification paper manuscript copyrights.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 207 – Aquatic Bioresources and Aquaculture. – Polissia National University, 2026.

It was established that the water quality indicators generally complied with the regulatory requirements of Ukraine; however, color and turbidity were characterized by increased seasonal variability and periodic exceedance of standard values. The results of the study confirmed the overall safety of drinking water supplied through the centralized water supply system of the municipal enterprise “Zhytomyrvodokanal” and identified the need to strengthen control over certain organoleptic indicators and aluminum content during periods of seasonal instability.

Keywords: drinking water, centralized water supply, water quality, organoleptic indicators, physicochemical indicators, microelements, water treatment, Zhytomyrvodokanal.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	5
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1. Теоретичні аспекти формування якості питної води централізованого водопостачання.....	8
1.2. Санітарно-гігієнічні та екологічні вимоги до якості питної води.....	11
1.3. Сучасні методи контролю та оцінки якості питної води у системах централізованого водопостачання.....	13
2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	17
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
ВИСНОВКИ.....	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	33

ВСТУП

Вода є одним із найважливіших природних ресурсів та основною складовою забезпечення життєдіяльності людини, функціонування екосистем і стабільного розвитку суспільства [3, 4]. Якість питної води безпосередньо впливає на стан здоров'я населення, санітарно-епідеміологічне благополуччя та рівень екологічної безпеки держави [1, 6]. У сучасних умовах урбанізації, зростання антропогенного навантаження на водні ресурси, зміни клімату та посилення техногенного впливу проблема забезпечення населення якісною та безпечною питною водою набуває особливої актуальності [2, 22, 24].

Системи централізованого водопостачання відіграють ключову роль у забезпеченні населення питною водою [11, 15]. Водночас ефективність їх функціонування значною мірою залежить від стану вододжерел, технологій очищення води, технічного стану водопровідних мереж та рівня виробничого контролю [5, 13, 21]. Навіть за наявності сучасних технологій водопідготовки існує ризик погіршення окремих показників якості води під впливом сезонних змін, паводкових процесів, евтрофікації водойм, надходження органічних та неорганічних забруднювачів, а також вторинного забруднення у водопровідних мережах [19, 25, 42].

Особливої уваги потребує контроль органолептичних, фізико-хімічних та санітарно-хімічних показників питної води, оскільки саме вони є важливими індикаторами ефективності процесів водопідготовки та безпечності води для споживання людиною [9, 10, 33]. Показники каламутності, забарвленості, мінералізації, вмісту азотних сполук і мікроелементів дозволяють оцінити як природний стан вододжерела, так і ефективність роботи очисних споруд [17, 32, 35].

В умовах сучасних екологічних викликів особливого значення набуває систематичний моніторинг якості питної води та аналіз динаміки змін її показників у багаторічному аспекті [24, 26]. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти негативні тенденції, оцінювати стабільність функціонування систем

водопідготовки та розробляти заходи щодо підвищення ефективності очищення води [39, 41].

Комунальне підприємство «Житомирводоканал» є основним підприємством централізованого водопостачання міста Житомира та забезпечує питною водою значну кількість населення. У зв'язку з цим оцінка якості питної води даного підприємства має важливе санітарно-гігієнічне та практичне значення.

Актуальність роботи полягає у необхідності комплексної оцінки якості питної води централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал» у сучасних умовах з урахуванням сезонної та багаторічної мінливості показників. Дослідження дозволяє оцінити стабільність якості води, визначити основні тенденції змін органолептичних, фізико-хімічних та санітарно-хімічних показників, а також встановити можливі фактори, що впливають на формування якості питної води.

Метою роботи було дослідити якість питної води централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал» за комплексом органолептичних, фізико-хімічних, санітарно-хімічних показників та вмістом мікроелементів у динаміці 2021–2025 років.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- провести аналіз органолептичних показників якості води;
- дослідити фізико-хімічні показники питної води;
- оцінити показники мінералізації;
- визначити вміст азотних сполук;
- дослідити концентрацію окремих мікроелементів;
- здійснити статистичну оцінку отриманих результатів та визначити рівень варіабельності показників.

Об'єктом дослідження була питна вода централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал».

Предметом дослідження були органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-хімічні показники якості питної води та вміст мікроелементів.

Практична цінність роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення системи виробничого контролю якості питної води, підвищення ефективності технологій водопідготовки та оптимізації моніторингу окремих показників води. Результати дослідження можуть бути використані фахівцями водопровідно-каналізаційного господарства, екологічних та санітарно-гігієнічних служб, а також у навчальному процесі під час підготовки здобувачів вищої освіти спеціальностей, пов'язаних із водними біоресурсами, екологією та технологіями водопостачання.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Теоретичні аспекти формування якості питної води централізованого водопостачання

Якість питної води є одним із ключових чинників забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення та важливою складовою екологічної безпеки держави. Вода належить до життєво необхідних природних ресурсів, без яких неможливе існування людини, функціонування екосистем та розвиток господарської діяльності [1, 3, 8]. Саме тому проблема забезпечення населення якісною та безпечною питною водою є однією з пріоритетних у сфері охорони здоров'я, екологічної безпеки та раціонального природокористування [2, 4, 19].

Формування якості питної води централізованого водопостачання є складним багатофакторним процесом, який залежить від природних особливостей вододжерела, рівня антропогенного навантаження, технологій очищення, стану водопровідної мережі та ефективності виробничого контролю [11, 13, 15, 21]. У системах централізованого водопостачання якість води формується на всіх етапах: від забору води з природного джерела до її очищення, транспортування та подачі споживачам [5, 37].

Основними джерелами централізованого водопостачання є поверхневі та підземні води. Поверхневі водні об'єкти характеризуються значною сезонною мінливістю фізико-хімічних і мікробіологічних показників, оскільки на їх стан впливають кліматичні умови, паводкові процеси, урбанізація, сільськогосподарська діяльність, скиди стічних вод та інші антропогенні фактори [14, 27, 29]. Підземні води зазвичай мають більш стабільний хімічний склад, однак можуть характеризуватися підвищеним вмістом мінеральних солей, заліза, марганцю та інших мікроелементів [17, 21, 33].

Важливе значення для оцінки якості води мають гідрохімічні особливості водних ресурсів, зокрема мінералізація, жорсткість, кислотно-лужний стан, вміст основних іонів та біогенних елементів [23, 35, 36]. Хільчевський та співавтори підкреслюють, що гідрохімічний склад води формується під впливом природних умов території, геологічної будови, кліматичних чинників і характеру господарського використання водозбірних площ [20, 22, 28].

Сучасні дослідження також підтверджують вплив географічних факторів на якість питної води. Зокрема, Veisenova та співавтори зазначають, що якість води залежить від кліматичних умов, рельєфу, типу ґрунтів, характеру землекористування та ступеня антропогенного навантаження [40]. Це особливо важливо для регіонів, де водні ресурси зазнають впливу урбанізації, сільського господарства та зміни клімату.

Одними з найважливіших показників якості питної води є органолептичні характеристики – запах, смак, забарвленість і каламутність. Вони визначають споживчі властивості води та можуть бути першими ознаками її забруднення або порушення технології водопідготовки [1, 10]. Каламутність формується внаслідок наявності завислих речовин, колоїдних частинок, органічних домішок та мікроорганізмів. Підвищена каламутність не лише погіршує зовнішній вигляд води, а й може знижувати ефективність знезараження [6, 9].

Фізико-хімічні показники води також мають важливе значення для оцінки її якості. До них належать реакція середовища, жорсткість, лужність, сухий залишок, вміст хлоридів, сульфатів, нітратів та інших компонентів [11, 17, 33]. Значення рН впливає на перебіг хімічних процесів у воді, ефективність знезараження та корозійну активність води щодо трубопроводів. Жорсткість води визначається вмістом солей кальцію та магнію і є важливою як для здоров'я людини, так і для роботи водопровідного обладнання [13, 15].

Важливими індикаторами санітарного стану води є азотні сполуки – амоній, нітрити та нітрати. Їх підвищений вміст може свідчити про забруднення вододжерела побутовими або сільськогосподарськими стоками [14, 33]. Нітрати у високих концентраціях є небезпечними для здоров'я людини, особливо для дітей раннього віку, а наявність нітритів може свідчити про неповне окиснення азотних сполук [1, 6].

Суттєвий вплив на формування якості питної води мають технології водопідготовки. У системах централізованого водопостачання застосовують коагуляцію, відстоювання, фільтрацію, знезараження та інші технологічні процеси [5, 11, 37]. Коагуляція дає змогу видаляти завислі речовини та органічні домішки, однак використання алюмінієвмісних коагулянтів може впливати на вміст залишкового алюмінію у воді [44].

Стан водопровідних мереж також є важливим чинником формування кінцевої якості питної води. Зношеність трубопроводів, корозійні процеси, аварійність мереж та вторинне забруднення можуть призводити до погіршення якості води вже після її очищення [18]. Домої та співавтори доводять, що у муніципальних системах водопостачання показники якості води можуть суттєво змінюватися залежно від стану мереж, сезонних умов і режиму експлуатації [42].

У сучасних умовах дедалі більшого значення набуває впровадження інтегрованого управління водними ресурсами, що передбачає поєднання екологічного моніторингу, технологічного контролю та раціонального використання води [19, 24, 30]. Водна стратегія України на період до 2050 року визначає необхідність модернізації систем водопостачання, підвищення ефективності водокористування та впровадження сучасних підходів до контролю якості води [2].

Отже, формування якості питної води централізованого водопостачання залежить від комплексу природних, технологічних, екологічних та антропогенних факторів. Забезпечення стабільної якості питної води потребує системного моніторингу, удосконалення технологій

водопідготовки, модернізації водопровідних мереж і впровадження сучасних методів управління водними ресурсами [12, 16, 26, 31, 32, 34, 38].

1.2. Санітарно-гігієнічні та екологічні вимоги до якості питної води

Якість питної води є одним із найважливіших показників санітарного благополуччя населення та важливою складовою екологічної безпеки держави. Безпечна вода необхідна для підтримання здоров'я людини, профілактики інфекційних і неінфекційних захворювань, забезпечення нормального функціонування організму та належного рівня життя населення [1, 12].

Санітарно-гігієнічні вимоги до питної води в Україні регламентуються чинними нормативними документами, зокрема ДСанПіН 2.2.4-171-10, ДСТУ 7525:2014, гігієнічними нормативами якості води водних об'єктів та іншими законодавчими актами [6, 9, 10]. Водний кодекс України визначає правові засади охорони, використання та відтворення водних ресурсів, а також встановлює загальні принципи державного управління у сфері водокористування [4].

Однією з основних санітарно-гігієнічних вимог є епідемічна безпечність питної води. Вода не повинна містити патогенних мікроорганізмів, вірусів, паразитів та інших біологічних агентів, здатних спричиняти інфекційні захворювання. Саме тому важливим етапом водопідготовки є знезараження, яке забезпечує мікробіологічну безпечність води в системах централізованого водопостачання [1, 5].

Не менш важливими є хімічна безпечність і фізіологічна повноцінність питної води. Вміст хімічних речовин не повинен перевищувати встановлених гранично допустимих концентрацій, оскільки надлишок окремих компонентів може негативно впливати на здоров'я людини [6, 9]. До таких речовин належать нітрати, нітрیتی, амоній, хлориди, сульфати, важкі метали, алюміній, залізо, марганець та інші сполуки [10, 33].

Важливе значення мають органолептичні показники води – запах, смак, забарвленість і каламутність. Вони визначають придатність води для споживання населення та можуть свідчити про наявність природного або антропогенного забруднення [1, 10]. Підвищена каламутність ускладнює процеси знезараження та може створювати умови для збереження мікроорганізмів у воді [6].

Санітарно-гігієнічні вимоги також передбачають контроль фізико-хімічних показників води. Значення рН, жорсткість, мінералізація, лужність, сухий залишок, вміст хлоридів і сульфатів є важливими показниками стабільності хімічного складу води [17, 21]. Надмірна мінералізація може погіршувати смакові властивості води, а підвищена жорсткість негативно впливає на стан водопровідних систем та побутових приладів [11, 13].

Особливу увагу приділяють вмісту азотних сполук. Підвищені концентрації амонію, нітритів і нітратів можуть свідчити про забруднення води побутовими, промисловими або сільськогосподарськими стоками [14, 33]. Нітрати становлять небезпеку для дітей раннього віку через ризик розвитку метгемоглобінемії, а нітрити можуть мати токсичний вплив на організм людини [1, 6].

Екологічні вимоги до якості питної води пов'язані з необхідністю охорони водних ресурсів від забруднення, виснаження та деградації водних екосистем. Сучасний стан водних ресурсів України формується під впливом промислового виробництва, сільського господарства, урбанізації, зміни клімату та недостатньої ефективності очищення стічних вод [3, 19, 27]. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод дозволяє класифікувати стан водних об'єктів за відповідними категоріями та визначати рівень їх антропогенного навантаження [14].

Важливим екологічним аспектом є управління водними ресурсами за басейновим принципом, що відповідає положенням Водної рамкової директиви ЄС [7, 30]. Такий підхід передбачає комплексне управління

водними об'єктами в межах річкових басейнів, оцінку їх екологічного стану та впровадження заходів для зменшення забруднення [19, 30].

Європейські вимоги до якості води, призначеної для споживання людиною, визначені Директивою ЄС 2020/2184. Вони базуються на ризик-орієнтованому підході, посиленні контролю якості води та забезпеченні доступу населення до безпечної питної води [43]. Водночас Директива 2000/60/ЄС визначає загальні принципи водної політики Європейського Союзу та спрямована на досягнення доброго стану водних об'єктів [7].

Окремої уваги потребує контроль мікроелементів і важких металів у питній воді. Залізо, марганець, алюміній та інші елементи можуть потрапляти у воду як із природних джерел, так і внаслідок технологічних процесів водопідготовки [21, 44]. García-Ávila та співавтори зазначають, що використання алюмінієвмісних коагулянтів потребує обов'язкового контролю залишкового алюмінію у питній воді через потенційні ризики для здоров'я людини [44].

В умовах сталого розвитку важливим є не лише дотримання нормативних вимог до питної води, а й впровадження економічних, управлінських та екологічних механізмів раціонального водокористування [16]. Зарубіжний досвід управління водними ресурсами свідчить про ефективність поєднання фінансово-економічних інструментів, екологічного моніторингу та державного регулювання у сфері водопостачання [16].

Таким чином, санітарно-гігієнічні та екологічні вимоги до якості питної води спрямовані на забезпечення її безпечності, фізіологічної повноцінності та екологічної стабільності. Їх дотримання є необхідною умовою збереження здоров'я населення, ефективного функціонування систем централізованого водопостачання та сталого управління водними ресурсами [2, 6, 7, 9, 10, 43].

1.3. Сучасні методи контролю та оцінки якості питної води у системах централізованого водопостачання

Контроль якості питної води є важливою складовою забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення та екологічної безпеки. Сучасні системи централізованого водопостачання потребують постійного моніторингу якості води на всіх етапах – від вододжерела до споживача [1, 10]. Основною метою контролю є своєчасне виявлення відхилень від нормативних вимог, запобігання ризикам для здоров'я населення та забезпечення стабільної якості води [6, 9].

Оцінка якості питної води здійснюється за комплексом органолептичних, фізико-хімічних, санітарно-хімічних, мікробіологічних та токсикологічних показників [10, 33]. До органолептичних показників належать запах, смак, забарвленість і каламутність. Їх визначення має важливе значення, оскільки саме ці параметри першими реагують на зміну якості води та впливають на її сприйняття споживачами [1].

Серед сучасних методів контролю широко застосовують фізико-хімічні методи дослідження. Реакцію середовища визначають потенціометричним методом із використанням рН-метрів, жорсткість – комплексометричним титруванням, хлориди – аргентометричним методом, сульфати – турбідиметричним або фотометричним методом [10, 33]. Для оцінки мінералізації використовують визначення сухого залишку, електропровідності та основних іонів [17, 35].

Для контролю санітарно-хімічних показників визначають вміст амонію, нітритів, нітратів, органічних речовин та інших компонентів, які можуть свідчити про забруднення води [6, 9]. Хімічний аналіз природних вод дозволяє встановити джерела формування складу води, виявити ознаки антропогенного впливу та оцінити придатність води для питного використання [32, 33].

Мікробіологічний контроль питної води передбачає визначення загального мікробного числа, бактерій групи кишкової палички та інших санітарно-показових мікроорганізмів [1, 9]. Такі дослідження є обов'язковими для оцінки епідемічної безпечності води, особливо у системах централізованого водопостачання, де забруднення може впливати на значну кількість споживачів.

Особливого значення набуває контроль важких металів і мікроелементів. Для цього застосовують фотометричні, спектрофотометричні, атомно-абсорбційні та хроматографічні методи, що забезпечують високу точність і чутливість визначення [33, 35]. Вміст заліза, марганцю, алюмінію та інших елементів може бути пов'язаний як із природними особливостями вододжерела, так і з технологічними процесами водопідготовки [21, 44].

Сучасні підходи до оцінки якості води передбачають використання інтегральних показників, зокрема індексу якості води. Індексні методи дають змогу узагальнити велику кількість окремих показників і надати комплексну характеристику стану води [24, 29]. Beshir та співавтори довели ефективність застосування індексу якості води та методів машинного навчання для оцінки роботи станцій водоочищення [41].

У сучасних системах водопостачання дедалі ширше впроваджуються автоматизовані системи моніторингу якості води. Вони дають змогу здійснювати безперервний контроль основних показників у режимі реального часу, швидко виявляти аварійні ситуації та оперативно реагувати на зміни якості води [24, 26]. Такі системи є особливо актуальними для великих міст і водоканалів, де стабільність водопостачання має важливе соціальне значення [18].

Сучасні цифрові технології розширюють можливості прогнозування якості води. Amin та співавтори зазначають, що штучний інтелект, дистанційне зондування та моделі прогнозування можуть бути ефективними інструментами для оцінки стану водних об'єктів і передбачення змін якості

води [39]. Такі підходи дозволяють перейти від традиційного контролю до прогностичного управління якістю води.

Важливим напрямом є ризик-орієнтований підхід до контролю питної води. Він передбачає оцінку потенційних ризиків забруднення на всіх етапах водопостачання – від джерела до споживача [43]. Такий підхід відповідає сучасним європейським вимогам і дає змогу не лише фіксувати відхилення від нормативів, а й запобігати їх виникненню [7, 43].

Досвід практичного функціонування водопровідних підприємств свідчить, що ефективність контролю якості води залежить від поєднання лабораторного аналізу, технологічного моніторингу, стану водопровідних мереж і належного управління водними ресурсами [5, 18, 37]. Дослідження Якушевської щодо питного водопостачання м. Миколаєва також підтверджує важливість екологічного аудиту систем водопостачання для виявлення проблемних ділянок і підвищення безпечності води [38].

Отже, сучасні методи контролю та оцінки якості питної води базуються на комплексному підході, що поєднує лабораторні дослідження, нормативну оцінку, автоматизований моніторинг, індексні методи, ризик-орієнтований підхід і цифрові технології прогнозування. Їх використання забезпечує стабільну якість питної води, підвищує ефективність систем централізованого водопостачання та сприяє збереженню здоров'я населення [10, 24, 39, 41, 42].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися упродовж 2021–2025 років на базі комунального підприємства «Житомирводоканал» та в умовах централізованої системи водопостачання м. Житомира. Об'єктом дослідження була питна вода централізованого водопостачання, що подається населенню після проходження повного циклу водопідготовки та очищення.

Метою роботи було дослідити якість питної води централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал» за комплексом органолептичних, фізико-хімічних, санітарно-хімічних показників та вмістом мікроелементів у динаміці 2021–2025 років.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- провести аналіз органолептичних показників якості води;
- дослідити фізико-хімічні показники питної води;
- оцінити показники мінералізації;
- визначити вміст азотних сполук;
- дослідити концентрацію окремих мікроелементів;
- здійснити статистичну оцінку отриманих результатів та визначити рівень варіабельності показників.

Об'єктом дослідження була питна вода централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал».

Предметом дослідження були органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-хімічні показники якості питної води та вміст мікроелементів.

Відбір проб води здійснювали відповідно до вимог чинних нормативних документів України та міжнародних рекомендацій щодо контролю якості питної води. Проби відбирали у різні сезони року для оцінки сезонної мінливості показників. Відбір проводили у стерильні ємності

безпосередньо у точках централізованого водопостачання після спуску води протягом 3–5 хвилин для отримання репрезентативних зразків.

Упродовж 2021–2025 рр. було проаналізовано 60 проб питної води (по 12 проб щорічно), відібраних у різні сезони року в контрольних точках централізованого водопостачання м. Житомира

Під час дослідження визначали органолептичні показники води, зокрема температуру, запах, забарвленість і каламутність. Температуру води вимірювали за допомогою лабораторного термометра безпосередньо під час відбору проб. Оцінку запаху проводили органолептичним методом при температурі 20 °C із визначенням інтенсивності запаху у балах відповідно до вимог державних стандартів.

Забарвленість води визначали фотометричним методом шляхом порівняння досліджуваних проб зі стандартними шкалами. Каламутність оцінювали нефелометричним методом із використанням лабораторного обладнання для визначення концентрації завислих речовин у мг/дм³.

До фізико-хімічних показників, що досліджувалися у роботі, належали реакція середовища (pH), лужність, загальна жорсткість та сухий залишок. Визначення pH проводили потенціометричним методом за допомогою pH-метра. Лужність води визначали титриметричним методом із використанням стандартних розчинів кислот. Загальну жорсткість встановлювали комплексометричним методом шляхом титрування трилоном Б. Сухий залишок визначали ваговим методом після випарювання певного об'єму води та висушування залишку до сталої маси.

Показники мінералізації води оцінювали за концентрацією хлоридів і сульфатів. Вміст хлоридів визначали аргентометричним методом за Морем із використанням розчину нітрату срібла. Концентрацію сульфатів визначали турбідиметричним методом після осадження сульфат-іонів барієм.

Санітарно-хімічний стан води оцінювали за вмістом азотних сполук – амонію, нітритів та нітратів. Концентрацію амонію визначали фотометричним методом із реактивом Несслера. Нітрити визначали

колориметричним методом із реактивом Грісса, а нітрати – фотометричним методом після відповідної підготовки проб.

Окрему увагу приділяли визначенню вмісту мікроелементів, зокрема заліза, марганцю та алюмінію, оскільки ці показники характеризують ефективність водопідготовки та можуть впливати на органолептичні властивості й безпечність питної води. Вміст заліза визначали фотометричним методом із ортофенантроліном, марганцю – персульфатним методом, а алюмінію – фотометричним методом із використанням алюмінієвих реактивів.

Отримані результати оцінювали відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил України щодо якості питної води, а також рекомендацій Європейського Союзу стосовно безпечності води для споживання людиною.

Для оцінки мінливості досліджуваних показників використовували методи варіаційної статистики. У роботі визначали середнє арифметичне значення показника ($\bar{x}$), стандартне відхилення (SD), похибку середнього арифметичного (SE), мінімальні та максимальні значення (min–max), а також коефіцієнт варіації (CV, %).

Середнє арифметичне використовували для характеристики середнього рівня показника у вибірці, стандартне відхилення – для оцінки розсіювання результатів відносно середнього значення, а коефіцієнт варіації – для визначення рівня мінливості досліджуваних параметрів.

Оцінку коефіцієнта варіації проводили за загальноприйнятими критеріями:

- до 10 % – низька мінливість показника;
- 10–20 % – помірна мінливість;
- понад 20 % – висока мінливість.

Статистичну достовірність різниці між середніми значеннями показників у різні роки оцінювали за допомогою критерію Стюдента. Різницю вважали статистично достовірною при $p < 0,05$.

Під час проведення досліджень враховували природно-кліматичні умови регіону, сезонні зміни температури, гідрологічний режим вододжерел та можливий вплив антропогенних факторів на якість води. Житомирська область характеризується помірно-континентальним кліматом із достатньою кількістю атмосферних опадів та значною сезонною мінливістю гідрологічних процесів, що може впливати на показники водопостачання.

Важливим фактором формування якості питної води є стан джерел водопостачання, технологія очищення та ефективність роботи системи водопідготовки. У процесі очищення води на підприємстві застосовуються традиційні методи водопідготовки, що включають коагуляцію, відстоювання, фільтрацію та знезараження води.

Отримані результати досліджень дозволяють комплексно оцінити сучасний стан якості питної води централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал», визначити рівень стабільності окремих показників та встановити основні тенденції змін якості води у багаторічній динаміці.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведений аналіз органолептичних показників якості питної води засвідчив, що протягом 2021–2025 рр. формувався виражений сезонний характер змін досліджуваних параметрів, із поступовим зростанням їх варіабельності (табл. 1).

Таблиця 1. Органолептичні показники якості води

Показники	Статистичні показники	Рік				
		2021	2022	2023	2024	2025
Температура, °C	$\bar{x} \pm SE$	12,2±2,15	12,6±2,22	12,8±2,27	13,0±2,31	13,2±2,36
	SD	7,44	7,7	7,9	8,0	8,2
	min–max	2,5–22	2,3–22,5	2,1–22,8	2–23	1,8–23,2
	CV, %	61	61	62	62	62
Запах (20°C), бали	M	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
Забарвленість, град.	$\bar{x} \pm SE$	16,7±1,81	15,6±2,16	14,9±2,41	14,3±2,67	14,5±2,98
	SD	6,26	7,5	8,3	9,2	10,3
	min–max	12–32	10–34	10–35	10–36	9–38
	CV, %	38	48	56	65	71
Каламутність, мг/дм³	$\bar{x} \pm SE$	1,4±0,12	1,4±0,16	1,4±0,18	1,4±0,21	1,5±0,24
	SD	0,41	0,5	0,6	0,7	0,8
	min–max	0,85–2,4	0,8–2,8	0,78–3,0	0,75–3,2	0,72–3,5
	CV, %	30	39	45	50	57

Температурний режим води характеризувався значними коливаннями протягом року, що підтверджується високими значеннями стандартного відхилення ($SD=7,44\text{--}8,2$) та коефіцієнта варіації ($CV=61\text{--}62\%$). Середні значення температури поступово зростали від $12,2 \pm 2,15$ °C у 2021 р. до

13,2±2,36 °C у 2025 р. Однак різниця між середніми значеннями є статистично недостовірною ($p>0,05$), оскільки перекриваються довірчі інтервали. Таким чином, виявлені зміни слід трактувати як тенденцію, а не як достовірне зростання.

Показник запаху протягом досліджуваного періоду залишався стабільним (1,0–1,1 бала), що повністю відповідає вимогам українських нормативів (≤ 2 бала). Згідно з вимогами ЄС, запах відноситься до індикаторних показників і повинен бути прийнятним для споживача, без сторонніх відхилень. Отже, за цим показником якості води можна вважати стабільною та такою, що відповідає нормативам.

Забарвленість води демонструвала найбільш виражену динаміку змін. Середні значення поступово знижувалися (з 16,7±1,81 до 14,5±2,98 град.), однак стандартне відхилення зростало ($SD=6,26 \rightarrow 10,3$), що призвело до суттєвого збільшення коефіцієнта варіації (з 38% до 71%). Це свідчить про різке зростання нестабільності показника у часі. При цьому максимальні значення (до 38 град. у 2025 р.) перевищували нормативне значення 20 град., що вказує на періодичне погіршення якості води, ймовірно у весняний період (паводкові явища, надходження органічних речовин).

Каламутність води також мала тенденцію до зростання варіабельності. Середні значення змінювалися незначно (1,4±0,12→1,5±0,24 мг/дм³), що свідчить про відсутність статистично достовірної різниці між роками ($p>0,05$). Водночас стандартне відхилення та коефіцієнт варіації зростали ($SD=0,41 \rightarrow 0,8$; $CV=30\% \rightarrow 57\%$), що вказує на посилення амплітуди коливань. Максимальні значення каламутності (до 3,5 мг/дм³) перевищували орієнтовні нормативи для питної води ($\approx 1,0\text{--}1,5$ мг/дм³), що свідчить про періодичні порушення органолептичної якості. Таким чином, найбільш нестабільними показниками є забарвленість та каламутність.

Органолептичні показники якості питної води у 2021–2025 рр. в цілому відповідали нормативним вимогам України. Водночас встановлено зростання

коефіцієнта варіації для забарвленості та каламутності, що свідчить про посилення сезонної нестабільності води.

Періодичні перевищення нормативів за забарвленістю та каламутністю вказують на вплив природних і антропогенних факторів (паводки, евтрофікація, надходження органічних речовин). Це обґрунтовує необхідність удосконалення технологій водопідготовки, особливо у весняно-літній період.

Аналіз фізико-хімічних показників якості питної води у 2021–2025 рр. показав високий рівень їх стабільності та відповідність нормативним вимогам (табл. 2).

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники якості води

Показники	Статистичні показники	Рік				
		2021	2022	2023	2024	2025
рН	$\bar{x} \pm SE$	7,2 $\pm$ 0,04	7,3 $\pm$ 0,04	7,4 $\pm$ 0,05	7,4 $\pm$ 0,05	7,4 $\pm$ 0,06
	SD	0,14	0,1	0,2	0,2	0,2
	min–max	7,05–7,5	7,1–7,6	7,12–7,7	7,15–7,75	7,18–7,8
	CV, %	2	3	2	3	3
Лужність, ммоль/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	3,0 $\pm$ 0,03	3,1 $\pm$ 0,03	3,1 $\pm$ 0,03	3,1 $\pm$ 0,03	3,1 $\pm$ 0,03
	SD	0,10	0,1	0,1	0,1	0,1
	min–max	2,9–3,2	2,9–3,2	2,9–3,2	2,9–3,3	2,9–3,3
	CV, %	3	3	3	4	4
Жорсткість, ммоль/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	4,0 $\pm$ 0,04	4,0 $\pm$ 0,04	3,9 $\pm$ 0,04	3,9 $\pm$ 0,05	3,9 $\pm$ 0,05
	SD	0,14	0,1	0,1	0,2	0,2
	min–max	3,8–4,2	3,8–4,2	3,7–4,2	3,6–4,2	3,6–4,2
	CV, %	4	3	3	5	5
Сухий залишок, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	295,5 $\pm$ 7,5 6	297,8 $\pm$ 8,32	299,3 $\pm$ 8,87	301,0 $\pm$ 9,34	303,1 $\pm$ 9,63
	SD	26,17	28,8	30,7	32,3	33,3
	min–max	255–325	252–330	250–332	249–335	249–338
	CV, %	9	10	10	11	11

Реакція середовища (pH) знаходилася у вузькому діапазоні 7,05–7,8, із середніми значеннями 7,2–7,4. Це повністю відповідає нормативам України (6,5–8,5). Коефіцієнт варіації pH був дуже низьким (2–3%), що свідчить про стабільний хімічний склад води. Різниця між роками є статистично недостовірною ($p > 0,05$), оскільки значення $\bar{x} \pm SE$ перекриваються.

Лужність води характеризувалася незначними коливаннями (2,9–3,3 ммоль/дм³), при цьому середні значення становили 3,0–3,1 ммоль/дм³. Низький коефіцієнт варіації (3–4%) свідчить про високу буферну здатність води та стабільність карбонатної системи. Достовірних змін між роками не встановлено ($p > 0,05$).

Загальна жорсткість води залишалася стабільною у межах 3,6–4,2 ммоль/дм³. Це відповідає гігієнічним нормативам та є оптимальним для питного водопостачання. Значення CV (3–5%) вказує на дуже низьку варіабельність показника. Різниця між роками є недостовірною ($p > 0,05$).

Сухий залишок (мінералізація) поступово зростав з $295,5 \pm 7,56$ мг/дм³ у 2021 р. до $303,1 \pm 9,63$ мг/дм³ у 2025 р. Незважаючи на цю тенденцію, показник залишався значно нижчим за гранично допустиме значення (1000 мг/дм³). Коефіцієнт варіації становив 9–11%, що відповідає середньому рівню варіабельності. Різниця між 2021 та 2025 рр. не є статистично достовірною ($p > 0,05$), оскільки довірчі інтервали перекриваються.

Фізико-хімічні показники води характеризуються високою стабільністю та низькою варіабельністю ($CV < 10\%$ для більшості параметрів). Усі досліджені показники відповідають нормативам України та Європейського Союзу. Виявлені зміни мають характер тенденцій і не є статистично достовірними.

Показники мінералізації води, зокрема вміст хлоридів і сульфатів, є важливими індикаторами хімічного складу та стабільності водопідготовки. Встановлено, що протягом 2021–2025 рр. обидва показники

характеризувалися відносно стабільними значеннями з незначною тенденцією до зростання (табл. 3).

Таблиця 3

Показники мінералізації води

Показники якості	Статистичні показники	Рік				
		2021	2022	2023	2024	2025
Хлориди, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	36,0 $\pm$ 0,93	37,2 $\pm$ 0,94	38,3 $\pm$ 0,94	38,7 $\pm$ 0,97	39,0 $\pm$ 0,99
	SD	3,24	3,2	3,3	3,3	3,4
	min–max	31–42	32–43	33–44	33–45	33–45
	CV, %	9	9	9	9	9
Сульфати, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	27,5 $\pm$ 0,74	28,0 $\pm$ 0,83	28,6 $\pm$ 0,74	28,9 $\pm$ 0,79	29,0 $\pm$ 0,81
	SD	2,57	2,9	2,6	2,7	2,8
	min–max	23,5–31	24–32	24,5–32	24,6–33	24,69–33
	CV, %	9	10	9	9	10

Середній вміст хлоридів поступово зростав від 36,0 $\pm$ 0,93 мг/дм³ у 2021 р. до 39,0 $\pm$ 0,99 мг/дм³ у 2025 р.. Водночас стандартне відхилення залишалося практично незмінним (SD=3,2–3,4), а коефіцієнт варіації становив стабільні 9%. Це свідчить про низьку варіабельність показника та високий рівень стабільності його концентрації у часі. Отримані значення є значно нижчими за гранично допустимі концентрації як в Україні (≤ 350 мг/дм³), так і в Європейському Союзі (≤ 250 мг/дм³). Таким чином, за вмістом хлоридів вода відповідає нормативним вимогам і не становить ризику для споживачів.

Аналогічна тенденція встановлена для сульфатів: їх середній вміст зростав від 27,5 $\pm$ 0,74 мг/дм³ у 2021 р. до 29,0 $\pm$ 0,81 мг/дм³ у 2025 р. Стандартне відхилення коливалося у межах 2,6–2,9, а коефіцієнт варіації становив 9–10%, що відповідає низькому рівню варіабельності. Це вказує на стабільність процесів формування мінерального складу води. Отримані значення значно нижчі за нормативні обмеження (≤ 500 мг/дм³), що свідчить про відсутність мінералізаційного навантаження на водопровідну воду.

Аналіз коефіцієнта варіації показав, що як для хлоридів, так і для сульфатів характерна низька мінливість ($CV < 10\%$), що є ознакою стабільного функціонування системи водопідготовки та відсутності значних антропогенних впливів. Відповідно до статистичних критеріїв, такі значення CV свідчать про однорідність вибірки та високий рівень відтворюваності результатів.

Оцінка достовірності різниць між роками показала, що збільшення середніх значень хлоридів і сульфатів має характер тенденції, однак не є статистично достовірним ($p > 0,05$), оскільки інтервали $\bar{x} \pm SE$ перекриваються. Таким чином, зміни не виходять за межі природної варіації і не свідчать про істотне погіршення якості води.

Показники мінералізації питної води у 2021–2025 рр. характеризуються високою стабільністю, низькою варіабельністю та повною відповідністю нормативним вимогам України. Виявлена тенденція до незначного зростання концентрацій хлоридів і сульфатів не є статистично достовірною і не впливає на безпечність води. Отже, мінеральний склад води можна оцінити як стабільний та гігієнічно безпечний.

Санітарно-хімічні показники, зокрема сполуки азоту (амоній, нітрити, нітрати), є ключовими індикаторами антропогенного забруднення води та ефективності процесів водопідготовки. Проведений аналіз показав, що протягом 2021–2025 рр. їх рівень залишався відносно стабільним і не перевищував нормативні значення (табл. 4).

Концентрація амонію у воді в усі роки дослідження становила в середньому $0,10 \text{ мг/дм}^3$, із незначними коливаннями стандартного відхилення ($SD = 0,01\text{--}0,03$). При цьому коефіцієнт варіації змінювався в межах 12–33%, досягаючи максимального значення у 2025 р. Зростання CV свідчить про підвищення нерівномірності розподілу концентрацій амонію протягом року, що може бути пов'язано із сезонними факторами або коливаннями навантаження на систему водоочищення. Водночас усі отримані значення є

значно нижчими за гранично допустиму концентрацію ($\leq 0,5$ мг/дм³), встановлену в Україні.

Нітрити протягом усього періоду дослідження знаходилися на рівні нижче межі визначення ($< 0,003$ мг/дм³), що свідчить про відсутність процесів неповного окиснення азоту та високу ефективність біологічної очистки води. У зв'язку з цим статистичні показники (SD, CV) не розраховувалися.

Таблиця 4

Санітарно-хімічні показники (азотні сполуки)

Показники якості	Статистичні показники	Рік				
		2021	2022	2023	2024	2025
Амоній, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	0,10 $\pm$ 0,01	0,10 $\pm$ 0,004	0,10 $\pm$ 0,003	0,10 $\pm$ 0,003	0,10 $\pm$ 0,01
	SD	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
	min–max	0,06–0,12	0,06–0,10	0,06–0,09	0,06–0,09	0,06–0,15
	CV, %	24	18	13	12	33
Нітрити, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	SD	–	–	–	–	–
	min–max	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	CV, %	–	–	–	–	–
Нітрати, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	2,0 $\pm$ 0,12	2,1 $\pm$ 0,11	2,2 $\pm$ 0,10	2,3 $\pm$ 0,10	2,3 $\pm$ 0,10
	SD	0,42	0,4	0,3	0,4	0,3
	min–max	1,4–2,6	1,5–2,7	1,5–2,7	1,5–2,8	1,54–2,8
	CV, %	21	18	16	15	15

Концентрація нітратів демонструвала незначну тенденцію до зростання – від 2,0 $\pm$ 0,12 мг/дм³ у 2021 р. до 2,3 $\pm$ 0,10 мг/дм³ у 2025 р. Стандартне відхилення залишалося на рівні 0,3–0,4, а коефіцієнт варіації поступово знижувався з 21% до 15%, що свідчить про підвищення стабільності показника. Усі значення є значно нижчими за нормативний рівень (≤ 50 мг/дм³), встановлений в Україні.

Аналіз коефіцієнта варіації (Cv) засвідчив, що концентрація амонію характеризується середнім рівнем варіабельності з тенденцією до зростання

(до 33 %), що може вказувати на посилення сезонних або технологічних коливань. Для нітратів встановлено помірну варіабельність (15–21%) із тенденцією до стабілізації показника в часі. Нітрити протягом усього періоду дослідження не виявлялися, що свідчить про стабільність процесів нітрифікації та ефективність водоочищення. Порівняння середніх значень ($\bar{x} \pm s_x$) показало, що зміни концентрацій амонію та нітратів між роками не є статистично достовірними ($p > 0,05$), оскільки довірчі інтервали перекриваються, а виявлені коливання перебувають у межах природної та технологічної варіабельності.

Санітарно-хімічні показники (сполуки азоту) у дослідженій воді характеризуються стабільністю та повною відповідністю нормативним вимогам України. Відсутність нітритів і низький рівень амонію та нітратів свідчать про ефективність процесів водоочищення та відсутність суттєвого антропогенного навантаження.

Виявлене зростання коефіцієнта варіації амонію потребує подальшого моніторингу, однак на даному етапі не впливає на загальну оцінку безпечності води.

Вміст мікроелементів у питній воді є важливим індикатором якості водопідготовки, стану вододжерела та можливого впливу матеріалів водопровідної мережі. За результатами аналізу встановлено, що у 2021–2025 рр. концентрації заліза, марганцю та алюмінію залишалися відносно стабільними й загалом відповідали гігієнічним нормативам України до питної води (табл. 5).

Для України орієнтовні нормативні значення становлять: залізо – до 0,2 мг/дм³, марганець – до 0,05 мг/дм³, алюміній – до 0,2 мг/дм³, з можливими технологічними допусками для окремих умов водопідготовки.

Середній вміст заліза протягом усього періоду залишався на рівні $0,20 \pm 0,01$ мг/дм³. Стандартне відхилення становило 0,03 мг/дм³, а коефіцієнт варіації – 15–19%, що свідчить про помірну мінливість показника. Максимальні значення коливалися від 0,21 до 0,23 мг/дм³, тобто в окремі

періоди показник наближався до нормативної межі або незначно її перевищував. Статистично достовірної різниці між роками не встановлено, оскільки середні значення однакові, а інтервали $\bar{x} \pm SE$ повністю перекриваються ($p > 0,05$).

Таблиця 5

Вміст мікроелементів у воді

Показники	Статистичні показники	Рік				
		2021	2022	2023	2024	2025
Залізо, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	0,20 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01
	SD	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	min–max	0,13–0,21	0,12–0,22	0,13–0,22	0,14–0,23	0,14–0,23
	CV, %	16	19	16	16	15
Марганець, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	0,03 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,00
	SD	1	1	1	1	1
	min–max	0,03–0,04	0,03–0,04	0,03–0,04	0,03–0,04	0,03–0,04
	CV, %	14	13	13	13	12
Алюміній, мг/дм ³	$\bar{x} \pm SE$	0,30 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,03
	SD	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
	min–max	0,16–0,45	0,18–0,48	0,18–0,50	0,19–0,50	0,19–0,50
	CV, %	35	35	35	33	34

Концентрація марганцю була низькою та стабільною: середні значення становили 0,03–0,04 мг/дм³. Діапазон Min–max у всі роки залишався в межах 0,03–0,04 мг/дм³, що нижче нормативного рівня 0,05 мг/дм³. Коефіцієнт варіації зменшувався з 14% у 2021 р. до 12% у 2025 р., що свідчить про стабілізацію показника. Різниця між 2021 і наступними роками є невеликою, проте через дуже малі абсолютні значення та однаковий діапазон коливань її доцільно трактувати як недостовірну ($p > 0,05$).

Найбільш варіабельним серед досліджених мікроелементів був алюміній. Його середній вміст у 2021–2025 рр. становив 0,30 $\pm$ 0,03 мг/дм³, стандартне відхилення – 0,09–0,10 мг/дм³, а коефіцієнт варіації – 33–35%. Це

свідчить про помітну сезонну або технологічну мінливість показника. Максимальні значення досягали 0,45–0,50 мг/дм³, що перевищує базове індикаторне значення 0,2 мг/дм³ і може бути пов'язано з використанням алюмінієвмісних коагулянтів у процесі водопідготовки. Водночас середні значення за роками практично не змінювалися, тому достовірної міжрічної різниці не встановлено ($p > 0,05$).

Отже, за вмістом мікроелементів питна вода характеризувалася стабільністю. Найбільш контрольованим показником був марганець, тоді як найбільшу варіабельність мав алюміній. Основну увагу під час подальшого моніторингу доцільно приділяти саме алюмінію та залізу, оскільки їх максимальні значення періодично наближалися до нормативних меж або перевищували базові індикаторні рівні.

ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження показали, що якість питної води централізованого водопостачання КП «Житомирводоканал» у 2021–2025 рр. загалом відповідала гігієнічним нормативам України та Європейського Союзу.

2. Органолептичні показники води характеризувалися сезонною мінливістю. Найбільш нестабільними показниками були забарвленість та каламутність, максимальні значення яких у окремі періоди перевищували нормативні рівні, що свідчить про вплив природних і антропогенних факторів.

3. Фізико-хімічні показники води (рН, лужність, жорсткість, сухий залишок) відзначалися високою стабільністю та низькою варіабельністю. Усі досліджені параметри перебували в межах допустимих нормативів протягом усього періоду дослідження.

4. Показники мінералізації води, зокрема концентрації хлоридів і сульфатів, характеризувалися низькою мінливістю та стабільністю. Встановлені значення були значно нижчими за гранично допустимі концентрації, що свідчить про відсутність надмірного мінералізаційного навантаження на воду.

5. Санітарно-хімічні показники (амоній, нітрити, нітрати) відповідали нормативним вимогам. Нітрити протягом усього періоду досліджень не виявлялися, що свідчить про ефективність процесів водоочищення та стабільність нітрифікації.

6. Концентрації мікроелементів у воді характеризувалися відносною стабільністю. Найбільшу варіабельність встановлено для алюмінію, максимальні значення якого періодично перевищували індикаторний рівень, що може бути пов'язано з використанням коагулянтів у процесі водопідготовки.

7. Рекомендується КП «Житомирводоканал» посилити контроль за органолептичними показниками води у весняно-літній період, удосконалити технології водопідготовки для зниження каламутності та забарвленості, а також здійснювати постійний моніторинг вмісту алюмінію та заліза з метою попередження перевищення нормативних значень і забезпечення стабільної якості питної води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. Гігієна води та водопостачання населених місць: навчальний посібник. Одеса: Прес-кур'єр, 2021. 296 с.
2. Водна стратегія України на період до 2050 року / Схвалено розпорядженням КМ України від 9.12.2022 р. № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
3. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорева. Київ: Генеза, 2000. 456 с.
4. Водний кодекс України. 1995. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
5. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: навч. посібник / О.А. Василенко та ін. Київ–Харків: КНУБА, ХНУБА, 2012. 572 с.
6. Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення / Затверджено наказом МОЗ України від 02.05.2022 р. № 721. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>
7. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text
8. Довідник по водним ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца. Київ: Урожай, 1987. 304 с.
9. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ. МОЗ України. 2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
10. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості питної води. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672-dstu_voda_pytna.pdf

11. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підручник. Київ: Вища школа, 2005. 671 с.
12. Крисінська Д. О., Клименко Л. П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2021. Т. 31, № 1. С. 147–151. DOI: 10.36930/40310124.
13. Мацієвська О. Водопостачання і водовідведення: навч. посібник. Львів: Вид-во «Львівська політехніка», 2015. 144 с.
14. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко та ін. Київ: Символ-Т, 1998. 28 с.
15. Орлов В.О., Тугай Я.А., Орлова А.М. Водопостачання та водовідведення: підручник. Київ: Знання, 2011. 359 с.
16. Паляничко Н., Сахарнацький В. Закордонний досвід управління водними ресурсами в контексті сталого розвитку України (аспекти фінансово-економічних інструментів). *Bulletin of Agricultural Science*. 2024. Т. 102, № 5. DOI: 10.31073/agrovisnyk202405-06.
17. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. Київ: Либідь, 1997. 384 с.
18. ПрАТ АК «Київводоканал». Офіційний сайт. URL: <https://vodokanal.kiev.ua/> (дата звернення: 19.04.2023).
19. Сташук В.А., Мокін В.Б., Гребінь В.В., Чунарьов О.В. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом. Херсон: Грінь, 2014. 320 с.
20. Хільчевський В.К. Водні ресурси країн Європи: характеристика на основі бази даних FAO-Aquastat. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2023. № 1 (67). С. 6–17.
21. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти: підручник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 1999. 319 с.

22. Хільчевський В.К. Гідрографія та водні ресурси Європи: навч. посібник. Київ: ДІА, 2023. 308 с.
23. Хільчевський В.К. Гідрохімічний словник. Київ: ДІА, 2022. 212 с.
24. Хільчевський В.К. Глобальні водні ресурси: виклики ХХІ століття. Вісник Київського нац. університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2020. 1/2 (76/77). С. 6–16.
25. Хільчевський В.К. Значення річок Дніпра і Десни у водопостачанні Києва – до 150-річчя київського централізованого водопроводу (1872-2022 роки). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 2 (64). С. 6–21.
26. Хільчевський В.К. Моніторинг вод в Україні: методи оцінювання якості води для різних цілей у зв'язку зі змінами нормативної бази (2014-2021 рр.). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. №3(61). С. 6–19.
27. Хільчевський В.К. Нариси історії гідрохімії в Україні. Київ: ДІА, 2020. 136 с.
28. Хільчевський В.К. Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1(59). С. 17–27.
29. Хільчевський В.К. Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. № 1(59). С. 6–16.
30. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води. Київ: ДІА, 2022. 240 с.
31. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 1(44). С. 8–20.
32. Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Манукало В.О. Гідрологічний словник. Київ: ДІА, 2022. 236 с.

33. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навч. посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. 76 с.
34. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Стельмах В.Ю. Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення: навч. посібник. К.: ДІА, 2023. 228 с.
35. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії: підручник. Київ: Ніка-Центр, 2012. 326 с.
36. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України: підручник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2019. 343 с.
37. Шадура В.О., Кравченко В.С. Водопостачання та водовідведення: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2018. 343 с.
38. Якушевська А. Р. Екологічний аудит питного водопостачання Корабельного району міста Миколаєва : кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» : спец. 101 «Екологія» / А. Р. Якушевська ; ЧНУ ім. Петра Могили. Миколаїв, 2025. 81 с.
39. Amin G., Pourret O., Dupin V., Guérin-Rechdaoui S., Dujan A. Comparing AI-driven approaches for predicting river water quality: A systematic review of water quality indices and remote sensing methods. *Water Research*. 2026. Article 126047. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2026.126047>.
40. Beisenova R. et al. Influence of geographical factors on drinking water quality. *Water*. 2025. Vol. 17, No. 7. P. 945. DOI: <https://doi.org/10.3390/w17070945>.
41. Beshir A., Reddythota D., Alemayehu E. Evaluation of drinking water treatment plant efficiency using WQI and machine learning. *PLOS Water*. 2025. Vol. 4, No. 12. Article e0000403. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000403>.
42. Domoń A., Wilczewska W., Papciak D., Kowalska B. Analysis of variability of water quality indicators in the municipality water supply system – A

case study. *Water*. 2024. Vol. 16, No. 22. P. 3219. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16223219>.

43. European Parliament & Council of the European Union. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast). *Official Journal of the European Union*. 2020. L 435. P. 1–62. URL: <https://eur-lex.europa.eu/>.

44. García-Ávila F., Encalada-Alvear T., Alvarez-Altamirano L. M., Avilés-Añazco A., Valdiviezo-Gonzalez L., Alfaro-Paredes E. Human health risk assessment of aluminium in water treated with aluminium-based coagulants in a rural area. *Results in Engineering*. 2025. Vol. 25. Article 104200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104200>.