

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра загальної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КАЛІНІЧЕНКО ІРИНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 543.3:628.161.1:628.14

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ
М. ЖИТОМИР

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

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

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:
Герасимчук Людмила Олександрівна
доцент, к.с.-г.н.

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Калініченко І. О. Екологічна безпека питного водопостачання м. Житомир. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Проведено оцінку екологічної безпеки питного водопостачання м. Житомир, яка включала оцінку якості води централізованого водопостачання, що споживається мешканцями м. Житомир, оцінку неканцерогенного ризику для здоров'я мешканців м. Житомир та виявлення наслідків у вигляді величини скорочення тривалості життя в результаті споживання такої води. Встановлено, що якість питної загалом відповідає встановленим нормативам ДСанПіН 2.2.4-171-10 за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками. Максимальні значення показників мали місце у водопровідній мережі північно-західної частини міста. Найбільші відхилення від норми встановлені для рН (29 % проб) та вмісту заліза загального, що перевищував нормативи у 1,3–3,75 рази. Якщо ж в якості нормативу використовувати значення, наведене у дужках, яким може керуватися водоканал до 1 січня 2022 року, перевищення за показниками забарвленості, каламутності, вмістом заліза загального і марганцю будуть відсутні. Розраховано, що споживання води централізованого водопостачання мешканцями м. Житомир впродовж тривалого періоду може призвести до скорочення середньої тривалості життя дитячого населення від 1,5 до 5 років, а дорослого – від 0,6 до 2,1 років.

Ключові слова: водопровідна мережа, органолептичні, фізико-хімічні та санітарно-токсикологічні показники якості, неканцерогенний ризик, скорочення тривалості життя.

SUMMARY

Kalinichenko I. O. The Ecological Compliance of domestic water supply in Zhytomyr. – Manuscript qualification work.

Qualification work for a master's degree in specialty 101 – ecology. – Polissia National University, Zhytomyr, 2021.

An assessment of the ecological safety of drinking water supply in Zhytomyr was carried out, which included an assessment of the quality of centralized water supply consumed by Zhytomyr residents, an assessment of non-carcinogenic risk to the health of Zhytomyr residents and identification of consequences in terms of reduced life expectancy. water. It is established that the quality of drinking in general corresponds to the established standards DSanPiN 2.2.4-171-10 on organoleptic, physico-chemical and sanitary-toxicological indicators. The maximum values of indicators took place in the water supply network of the north-western part of the city. The largest deviations from the norm were found for pH (29% of samples) and total iron content, which exceeded the standards by 1.3–3.75 times. If the value given in parentheses, which can guide the water supply system until January 1, 2022, is used as a standard, there will be no excess in terms of color, turbidity, total iron and manganese. It is estimated that the consumption of centralized water supply by Zhytomyr residents over a long period of time can reduce the average life expectancy of children from 1.5 to 5 years, and adults – from 0.6 to 2.1 years.

Key words: water supply network, organoleptic, physicochemical and sanitary-toxicological quality indicators, non-carcinogenic risk, reduction of life expectancy.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТА	9
1.1. Системи міського водопостачання та їх надійність	9
1.2. Доступність водопостачання	10
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	12
2.1. Програма проведення досліджень	12
2.2. Методика проведення досліджень	13
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ М. ЖИТОМИР	17
3.1. Водопостачання міста	17
3.2. Оцінка якості води за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками	20
3.3. Оцінка задоволеності якістю води мешканців міста	25
3.4. Неканцерогенний ризик для здоров'я населення м. Житомир внаслідок споживання питної води як індикатор безпеки системи водопостачання	27
ВИСНОВКИ	31
ПРОПОЗИЦІЇ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	34
ДОДАТКИ	39

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Доступ населення до якісної та безпечної питної води – чи не найголовніша проблема екологічної безпеки та одна з цілей сталого розвитку України на період до 2030 року [17]. На території нашої держави централізоване водопостачання наявне у 402 із 406 міст, 623 із 683 смт, 6995 із 26061 селах. 64,5% населення Житомирської області забезпечені централізованим водопостачанням [8, 20-21], останнє ж на 80% забезпечується поверхневими джерелами. Від якості води, її безпечності, доступності до неї та надійності системи водопостачання залежить здоров'я людей. У роботі Hunter P. R. та ін. (2010) визначено 6 факторів, які визначають, чи може водопостачання ефективно підтримувати здоров'я: якість води, кількість води та її доступність, надійність систем водопостачання, вартість води для користувача, легкість керування для кінцевого користувача. Незадовільне водопостачання (чи то внаслідок поганого доступу, чи поганої якості, низької надійності, високої вартості чи труднощів управління) пов'язане зі значними ризиками для здоров'я.

Проблеми екологічної безпеки системи водопостачання та забезпечення населення якісною питною водою розглядаються у працях вчених з усіх куточків світу. Оцінка системи міського водопостачання здійснена у працях Okeola O.G. та Balogun S.O. (2015), Mustapha M. та ін. (2021) для Нігерії, Bradley P. M. та ін. (2021) для США; ефективність послуг з водопостачання у м. Читунгвіза (Зімбабве) досліджені Zvobgo L. (2021); проблеми у сфері міського водопостачання у провінції Канади Онтаріо описані у Kreutzwiser R.D. та de Loë R.C. (2002), у м. Тажура (Лівія) – у Bashir B. (2018); аналіз управління водопостачанням у Каліфорнії проведений Hugo A. (2014), у м. Бандунг (Індонезія) – Hasbiah A. W. та Kurniasih D. (2015), Nastiti A. та ін. (2017), в Україні – Diegtiar O. A. та ін. (2020); дослідження впливу міського розвитку на дефіцит води здійснено у Heidari H. та ін. (2021); ризики для здоров'я від споживання води вивчені в роботах Khalid S. та ін. (2021).

Проте недостатньо розкриті питання, пов'язані з екологічною безпекою системи водопостачання окремих міст, зокрема і м. Житомир. Отже здійснення такої оцінки є надзвичайно необхідним.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень стала оцінка екологічної безпеки системи водопостачання м. Житомир.

Відповідно до мети, у завдання досліджень увійшли:

- оцінка стану водозабезпечення міста;
- визначення рівня задоволеності якістю водопостачання;
- відбір проб води з мережі централізованого водопостачання у різних частинах міста;
- оцінка якості води на відповідність встановленим ДСанПіН 2.2.4-171-10 нормам;
- оцінка неканцерогенного ризику для здоров'я мешканців м. Житомир, які споживають питну воду централізованого водопостачання;
- встановлення негативних наслідків для споживачів питної води централізованого водопостачання, що відображаються у вигляді величини скорочення тривалості життя.

Об'єкт дослідження – якість води централізованого водопостачання м. Житомир.

Предмет дослідження – показники якості води.

Методи дослідження: аналітичний, лабораторний, описовий, порівняльний, статистичний, анкетування, графічний і узагальнення.

Наукова новизна одержаних результатів: проведена оцінка якості води централізованого водопостачання м. Житомир; вперше здійснено оцінку хронічного неканцерогенного ризику для здоров'я населення м. Житомир внаслідок споживання такої води з оцінкою очікуваних наслідків за величиною скорочення тривалості життя.

Практичне значення. Результати досліджень можуть бути використані Управлінням екології та природних ресурсів Житомирської обласної державної адміністрації, КП «Житомирводоканал» для повернення

уваги до стану та якості питної води централізованого водопостачання та для створення екологічного паспорта м. Житомир.

Апробація результатів дослідження:

1) III Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій» (19 листопада 2020 р., Поліський національний університет, м. Житомир);

2) Всеукраїнська науково-практична конференція, присвячена I туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт на факультеті лісового господарства та екології Поліського національного університету (25 січня 2021 р., м. Житомир);

3) IX Всеукраїнська науково-практична конференція «Ліс, наука, молодь» (24 листопада 2021 р., м. Житомир, Поліський національний університет);

4) Наукове фахове видання «Водні біоресурси та аквакультура» (Категорія «Б», міжнародна наукометрична база Index Copernicus International);

5) Магістерські читання – 2021 (10 грудня 2021 р., м. Житомир, Поліський національний університет).

Основні положення, що виносяться на захист:

- найбільші відхилення від норми встановлені для рН (29 % проб) та вмісту заліза загального, що перевищував нормативи у 1,3 – 3,75 рази;
- при використанні подвійного нормативу (дійсне до 1.01.22 р.), перевищення за показниками забарвленості, каламутності, вмістом заліза загального і марганцю будуть відсутні;
- споживання води централізованого водопостачання мешканцями м. Житомир ймовірно може призвести до скорочення середньої тривалості життя від 0,6 до 5 років.

РОЗДІЛ 1

ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТА

1.1. Системи міського водопостачання та їх надійність

Наявність і достатність води в річковому басейні визначають у проектах водопостачання міста. При розробці таких проектів керуються низкою законодавчих документів:

- кодексами (Водний [1] та Про надра[11]);
- законами («Про охорону навколишнього природного середовища» [13], «Про питну воду, водопостачання та водовідведення» [14], «Про забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення» [10], «Про основи містобудування» [12], «Про регулювання містобудівної діяльності» [16], «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів» [16], «Про житлово-комунальні послуги» [9]) тощо.

Поверхневі водні джерела використовуються як джерело систем міського водопостачання. Використання таких джерел здійснюється за набором заздалегідь визначених правил, сформульованих ще в минулому (наприклад, не повністю розроблені заходи для зменшення ризиків, зумовлених кліматичними змінами, і адаптації до них). Тому, існує подальша потреба у регулярній оцінці (переоцінці) наявності водного ресурсу для міста та оцінки якості води в майбутньому, задля створення плану дієвих заходів для подолання вразливості водних ресурсів у разі непередбачуваних ситуацій.

На стійкість системи водопостачання міста впливають соціально-економічні порушення в межах інфраструктури міського водопостачання та суб'єктів, які нею керують (корупція, потужність, збільшення заборгованості, витрати на виробництво, експлуатацію та обслуговування); небезпечні

порушення (пов'язані з зовнішніми небезпеками, катастрофами та кризовими ситуаціями); довгострокові порушення (нестабільний рівень води) [31].

Незадовільне фінансування та обслуговування життєзабезпечуючих підприємств, таких як водоканал, відсутність інвестицій (або їх мізерні суми) у галузь водопостачання (Zvobgo L., 2021), неефективність управління (Hunter P. R. та ін., 2010), моральний та фізичний знос системи, недосконалість системи державного управління водними ресурсами (Diegtiar O. A. та ін., 2020); зумовлює низьку якість водопостачання та ненадійне надання послуг.

1.2. Доступність водопостачання

Оцінка та прогнозування попиту на воду стають необхідними, оскільки населення міста, що залежить від централізованого водопостачання, швидко зростає, а нові потреби у воді стає нелегко задовольняти. Проте, на думку Okeola O.G. та Valogun S.O. (2015) [36], не існує абсолютного рівня точності, відповідного для всіх ситуацій прогнозування попиту. Найбільш широко використовуваним підходом для прогнозування води є її споживання на душу населення (населення – єдина змінна).

В цілому в державі у 2020 р. 402 із 406 міст, 625 із 685 смт, 6995 із 26061 сіл забезпечено централізованим водопостачанням (відсутнє у 4 містах, 60 смт та 19066 селах) [3, 8, 20-21]. У розрахунку до загальної чисельності населення, водопостачанням забезпечено 87,3% населення міст та смт та 26,5% сіл [8, 20-21]. 86,1% домогосподарств на сьогодні обладнані водопроводом, в т.ч. у великих містах – 99%, у малих – 90,8%, у сільській місцевості – 66,1% [19].

З мережі водопостачання у 2021 р. 64,4% домогосподарств держави використовували воду для пиття та приготування їжі (у 2020 р. цей показник становив 62,3%), при чому у великих містах цей показник становить 76,7%, у малих містах – 74,2%, у сільській місцевості – 40,8% (рис. 1.1).

На рис. 1.2 продемонстровано відстань житла домогосподарств від джерела водопостачання

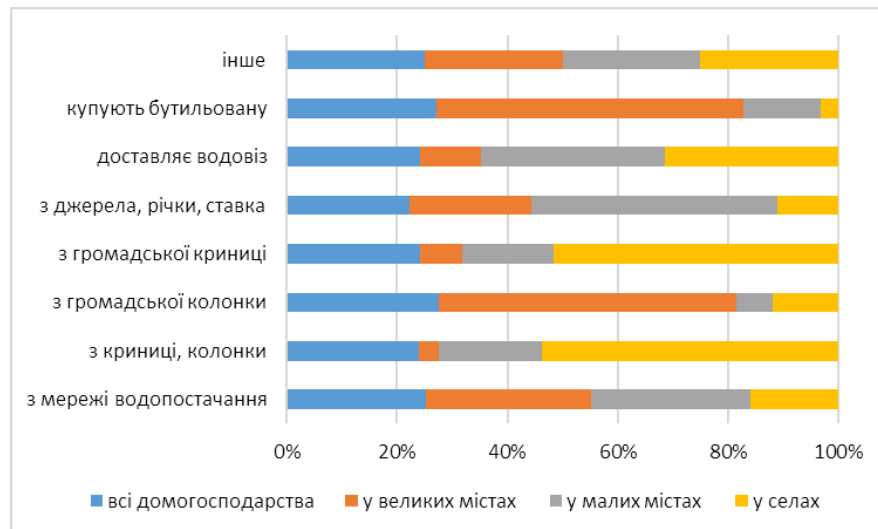


Рис. 1.1. Джерела питної води, яку використовують домогосподарства (побудовано на основі даних [19])

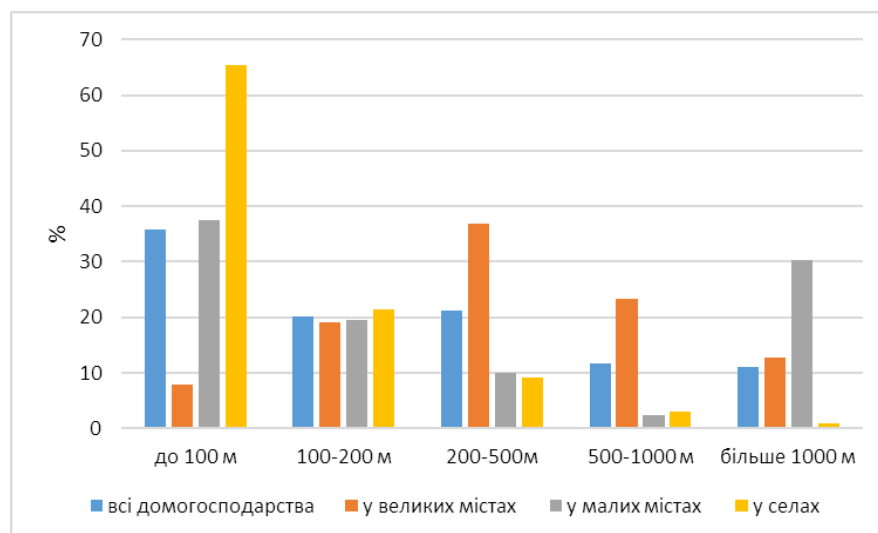


Рис. 1.2. Відстань житла від джерела водопостачання (побудовано на основі даних [19])

В роботі Hasbiah A. W. та Kurniasih D. (2015) наголошено, що потрібна зміна парадигми від звичайного управління водопостачанням до управління попитом на воду [25], розширення повторного використання води [35].

У майбутньому, коли потреба у воді буде більше, ніж ресурс водозаборів, необхідним стане пошук нових ресурсів [36].

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма проведення досліджень

Програма досліджень передбачала:

- проведення огляду літературних та інформаційних джерел;
- визначення календарного плану проведення досліджень;
- вивчення структури водозабезпечення та водопостачання м. Житомир;
- вибір об'єктів для дослідження на території м. Житомир;
- вивчення методики відбору, зберігання та транспортування проб води для проведення аналізу;
- відбір проб води з мережі централізованого водопостачання у різних мікрорайонах міста Житомира;
- проведення анкетування мешканців міста щодо рівня задоволеності якістю водопостачання;
- проведення оцінки якості води централізованого водопостачання, що споживається мешканцями м. Житомир на відповідність встановленим ДСанПіН 2.2.4-171-10 нормам;
- проведення оцінки неканцерогенного ризику для здоров'я мешканців м. Житомир внаслідок споживання питної води централізованого водопостачання;
- встановлення негативних наслідків для споживачів питної води централізованого водопостачання, що відображаються у вигляді величини скорочення тривалості життя;
- формулювання відповідних висновків.

2.2. Методика проведення досліджень

Визначення показників (органолептичних, фізико-хімічних, санітарно-токсикологічних) якості води проводили на базі атестованої вимірювальної лабораторії навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету за загальноприйнятими методиками (Додаток Г).

Місця відбору проб води з кранів внутрішніх водопровідних мереж будинків, що проводили у різних мікрорайонах міста, показані на рис. 2.1.

У центральній частині міста проби води відбирали за наступними адресами (рис. 2.1):

- пров. Львівський, 11а (№ 5 на карті);
- вул. Пушкінська, 50 (№ 6 на карті);
- пров. Крилова, 10 (№ 7 на карті);
- вул В. Бердичівська, 50 (№ 8 на карті).

На території мікрорайону «Польова» (південно-східна частина міста) проби води з централізованої системи водопостачання відбирали за адресами (рис. 2.1):

- вул. Ціолковського, 1 (№ 9 на карті);
- вул. Селецька, 15 (№ 10 на карті);
- вул. Корольова, 32 (№ 11 на карті).

В межах північно-східної частини міста (мікрорайон «Вокзал») проби питної води відбирали за нижче наведеними адресами (рис. 2.1):

- майдан Привокзальний, 5 (№ 12 на карті);
- вул. Новогоголіська, 20 (№ 13 на карті);
- вул. Фруктова, 10 (№ 14 на карті).

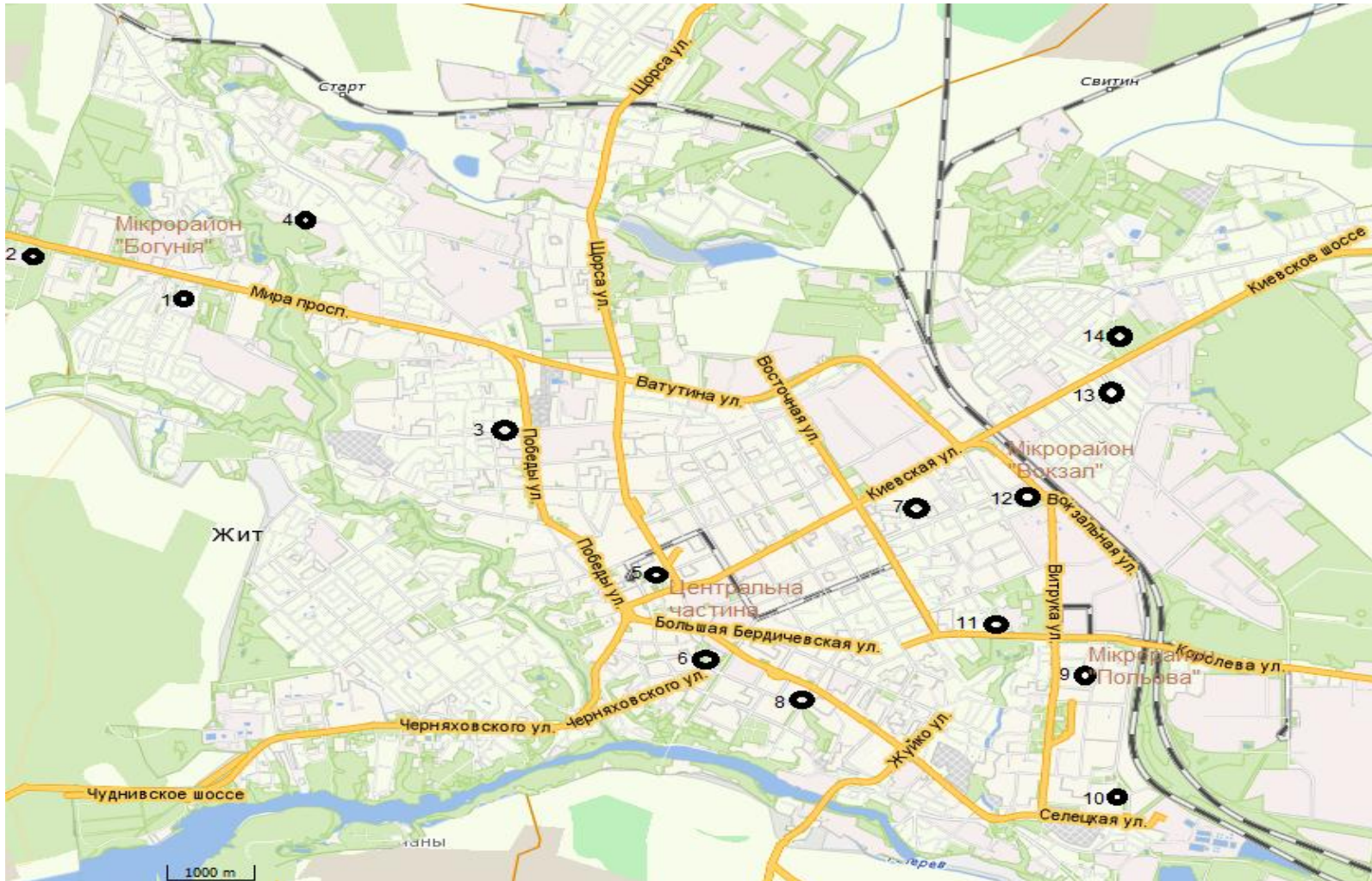


Рис. 2.1. Карта-схема м. Житомир

● – місця відбору проб води з кранів внутрішніх водопровідних мереж м. Житомир: **1** – вул. Героїв Десантників (колишня вул. Маршала Жукова), 29; **2** – вул. В. Петрова (колишня вул. Маршала Гречка), 3; **3** – вул. Короленка, 3; **4** – вул. Тараса Бульби-Боровця (колишня Маршала Рибалко), 2; **5** – пров. Львівський, 11а; **6** – вул. Пушкінська, 50; **7** – пров. Крилова, 10; **8** – вул. В. Бердичівська, 50; **9** – вул. Цюлковського, 1; **10** – вул. Селецька, 15; **11** – вул. Корольова, 32; **12** – майдан Привокзальний, 5; **13** – вул. Новогоголівська, 20; **14** – вул. Фруктова, 10.

У північно-західній частині м. Житомир (мікрорайон «Богунія») відбір зразків проб води з кранів внутрішніх водопровідних мереж будинків здійснювався за адресами (рис. 2.1):

- вул. Героїв Десантників, 29 (№ 1 на карті);
- вул. В. Петрова, 3 (№ 2 на карті);
- вул. Короленка, 3 (№ 3 на карті);
- вул. Тараса Бульби-Боровця, 2 (№ 4 на карті).

Для визначення рівня задоволеності якістю водопостачання проведено невелике анкетування за питаннями:

- «Що для Вас є основним джерелом питної води?»;
- «Як Ви оцінюєте кількість водопостачання?»;
- «Як ви оцінюєте якість води?»;
- «Які способи додаткового очищення води Ви використовуєте?».

Оцінку потенційного неканцерогенного ризику здоров'ю людини, яка пов'язаної із споживанням питної води із вмістом речовин визначеної концентрації C та коефіцієнтом запасу K_3 , розраховували за формулою 2.1:

$$Risk = 1 - \exp\left(\left(\frac{\ln(0,84)}{ГДК \cdot K_3}\right) \cdot C\right), \quad (2.1)$$

Враховували, що допустимий рівень хронічного неканцерогенного ризику становить 0,05 [7].

Оцінювався сумарний неканцерогенний ризик для всіх речовин, що можуть чинити негативний вплив на здоров'я.

Негативні наслідки для споживачів питної води централізованого водопостачання відображали у вигляді величини скорочення тривалості життя (LLE – *Loss of Life Expectancy*), що була введена Bernard L. Cohen (2003) [24], при розрахунку якої використовували кількість років, які залишаються, щоб прожити людині, за формулою 2.2:

$$LLE = Risk \cdot L \quad (2.2)$$

При розрахунку *LLE* використовували офіційні дані ГУ статистики у Житомирській області щодо середньої тривалості життя та середнього віку дорослого населення, а також дані про кількість років, які може прожити наше покоління [3].

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ М. ЖИТОМИР

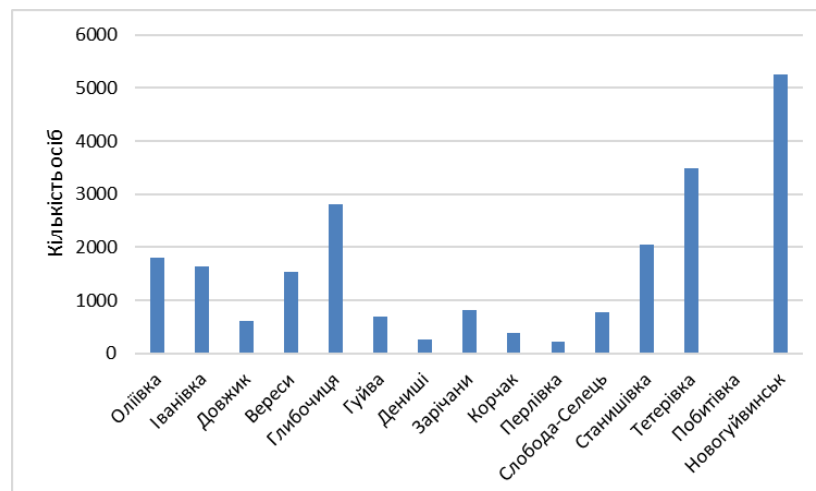
3.1. Водопостачання міста

Потреби мешканців м. Житомира у воді забезпечує КП «Житомирводоканал». Для забезпечення діяльності підприємства тут працюють 340 осіб. Один водозабір забезпечує потреби води населення.



*Рис. 3.1. Вигляд КП «Житомирводоканал», м. Житомир
(вул. Чуднівська, 120)*

Водоканал забезпечує централізованим водопостачанням 16 населених пунктів, де проживає 292456 осіб (рис. 3.2). Зокрема у м. Житомир послуги водопостачання надаються 267363 особам.



*Рис. 3.2. Населені пункти, які забезпечує водопостачанням КП
«Житомирводоканал» (крім м. Житомир)*

Протяжність мереж підприємства 526 км, 63,7% з яких знаходяться в аварійному стані (335 км). До мереж підприємства входять водоводи – 59,964 км, вулична мережа – 289,759 км, внутрішньоквартальна та дворова мережа – 176,324. У аварійному та ветхому стані з них знаходиться 54,9%, 67,9% та 59,6% відповідно. Загалом водопровідні мережі перебувають у задовільному стані, а 80% потребує заміни (рис. 3.3).

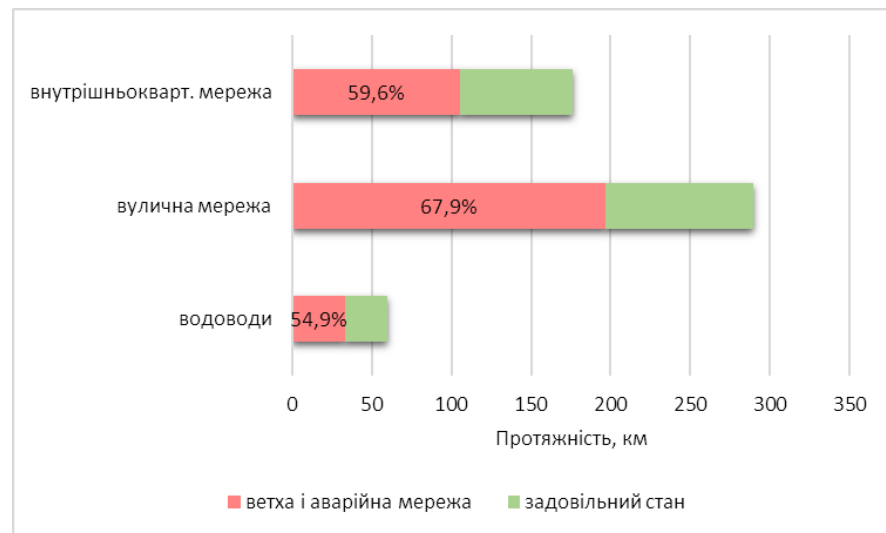


Рис. 3.3. Стан мереж КП «Житомирводоканал»

Забір води (I підйом) складає 26948 тис. м³ води, у розподільчу мережу подається 26596 тис. м³ води. Загальний обсяг водопостачання складає 12527 тис. м³ води.

Загалом 99,6% населення охоплене послугами з мереж централізованого водопостачання.

Втрати води оцінюються у 27,4 тис. м³ на кілометр мережі. Кількість аварій на км мережі 2,43.

У водоканалу 48 насосних агрегатів насосних станцій водопостачання, з яких 62,5% (30 шт) відпрацювали строк використання, 4 насосні станції підкачування води, 1 станція I підйому, 6 – II, III і вище підйомів, 12 резервуарів чистої води. Встановлена потужність водозабору – 175 тис. м³/добу, а використовується на 42%. Встановлена потужність водопроводу – 175 тис. м³/добу, а використовується на 42%.

На водоканалі якість води контролюють на основі 82 показників (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Показники якості води, що підлягають контролю на КП «Житомирводоканал»

Проте якісна вода, яку фіксує контрольно-вимірювальна лабораторія на водоканалі, не завжди такою доходить до кінцевих споживачів (тобто нас). Зношеність труб, їх незадовільний стан, аварії в мережах підприємства, призупинення водопостачання від декількох годин до декількох днів зумовлюють погіршенню якості води.

Доступ до якісної та безпечної питної води обумовлює розвиток територій, а наявність в ній шкідливих речовин є джерелом канцерогенного і неканцерогенного ризику для здоров'я населення [3, 4, 6, 38, 39]. Враховуючи викладене, дослідження якості води централізованого водопостачання та оцінка ризику для здоров'я населення м. Житомир від її споживання, є виключно актуальними і потребують розгляду [3].

3.2. Оцінка якості води за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками

За результатами проведених досліджень встановлено, що якість питної води з водопровідної мережі м. Житомир за групами органолептичних (табл. 3.1), фізико-хімічних (рис. 3.5) та санітарно-токсикологічних показників (рис. 3.6) в цілому відповідає нормам [2].

Таблиця 3.1

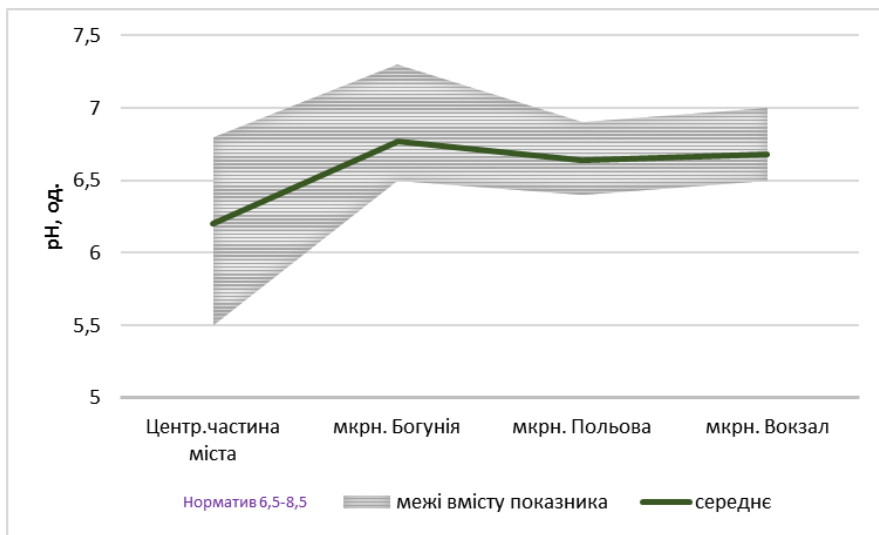
Органолептичні показники якості питної води, 2020–2021 рр.

Показники	Місце та кількість відібраних проб питної води				Норматив за ДСанПіН 2.2.4-171-10
	Центральна частина міста, n=12	Мікрорайон «Вокзал», n=9	Мікрорайон «Польова», n=9	Мікрорайон «Богунія», n=12	
Запах, при t 20 °С, бали	відсутній	відсутній – 1	1	1 – 2	≤2
Смак та присмак, бали	відсутній – 1	1	1 – 2	1 – 2	≤2
Забарвленість, градуси	<u>16,2</u> 10,8 – 19,2	<u>16,2</u> 11,9 – 19,5	<u>19,0</u> 15,6 – 22,1	<u>18,4</u> 14,9 – 22,6	≤20 (35)
Каламутність, нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	<u>0,28</u> 0,11 – 0,56	<u>0,34</u> 0,19 – 0,72	<u>0,46</u> 0,28 – 1,0	<u>0,84</u> 0,42 – 1,37	≤1,0 (3,5)*

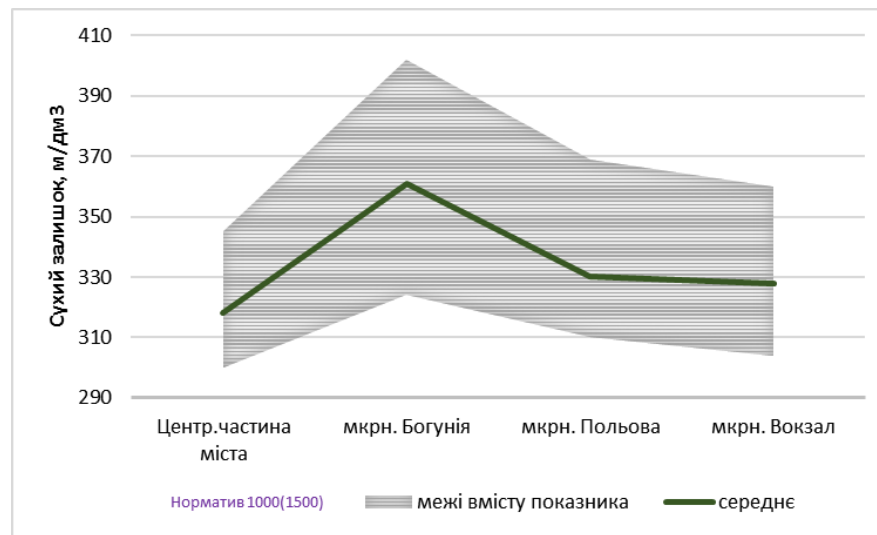
Примітка: * «норматив, зазначений у дужках, має право використовувати підприємство питного водопостачання до 1 січня 2022 року...» [2] (стосується і рис. 3.5-3.6).

Як видно з табл. 3.1, незначні відхилення від норми серед органолептичних показників виявлені за рівнем забарвленості у 14 % відібраних проб води та за рівнем каламутності – у 19 % проб води централізованої системи водопостачання, що споживається мешканцями північно-західної частини міста Житомир (мкрн. Богунія) [3].

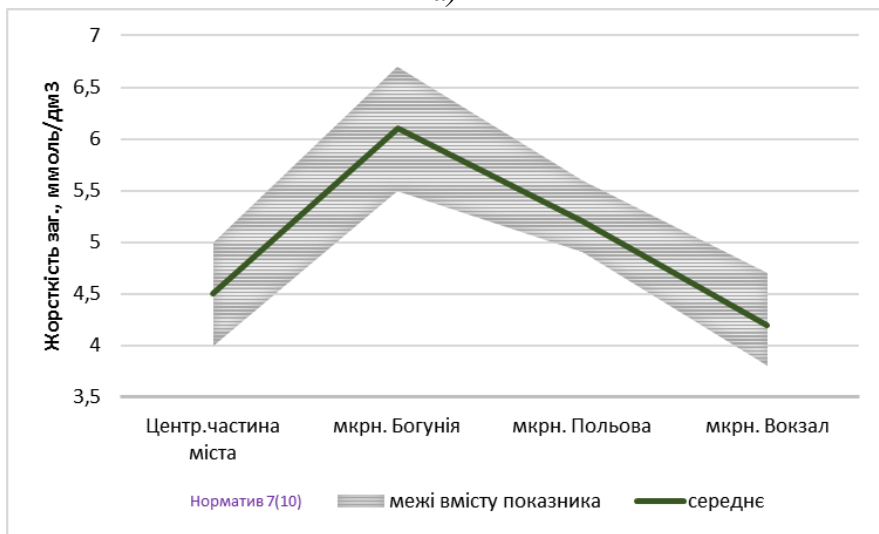
Для зручності сприйняття наступні дві групи показників представлені у вигляді діаграм з відображенням середніх значень та межі їх варіювання.



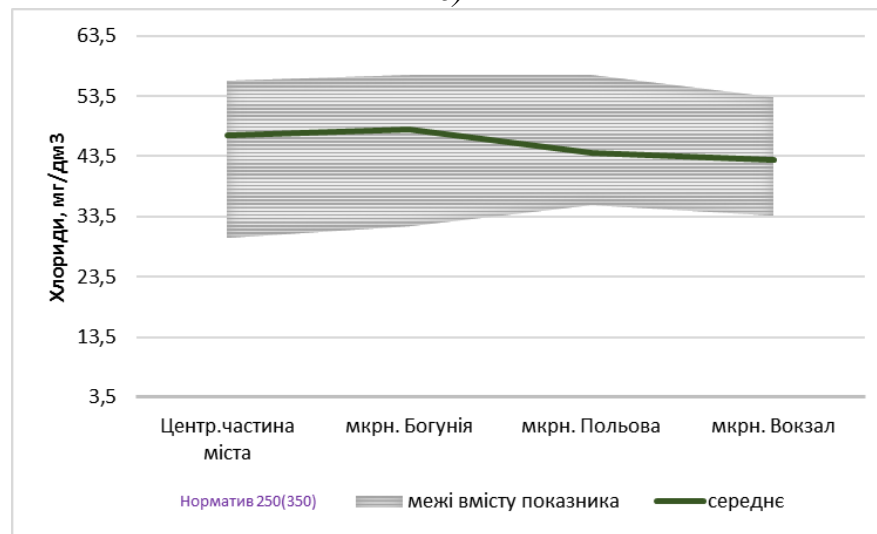
а)



б)

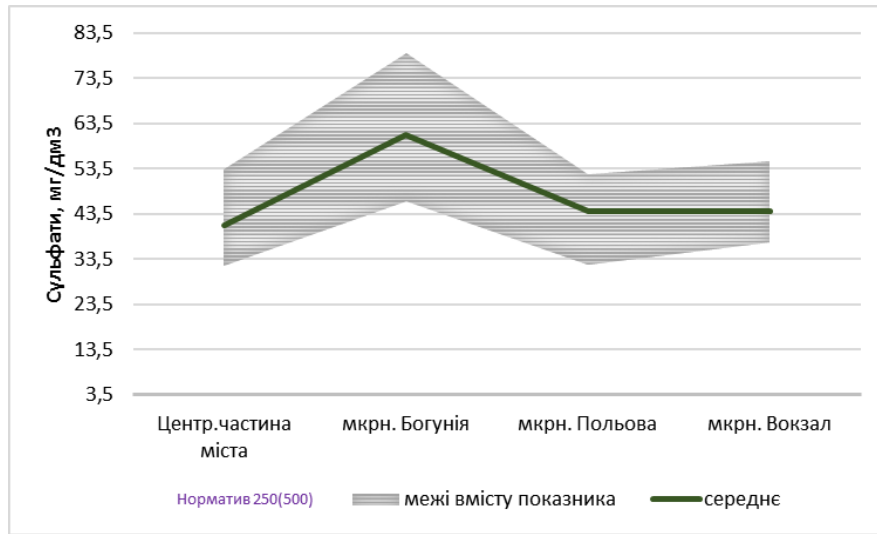


в)

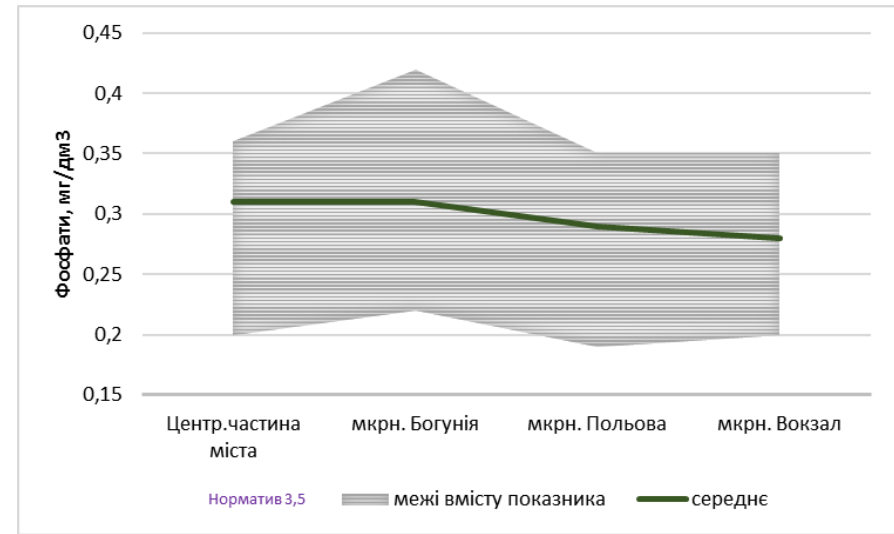


г)

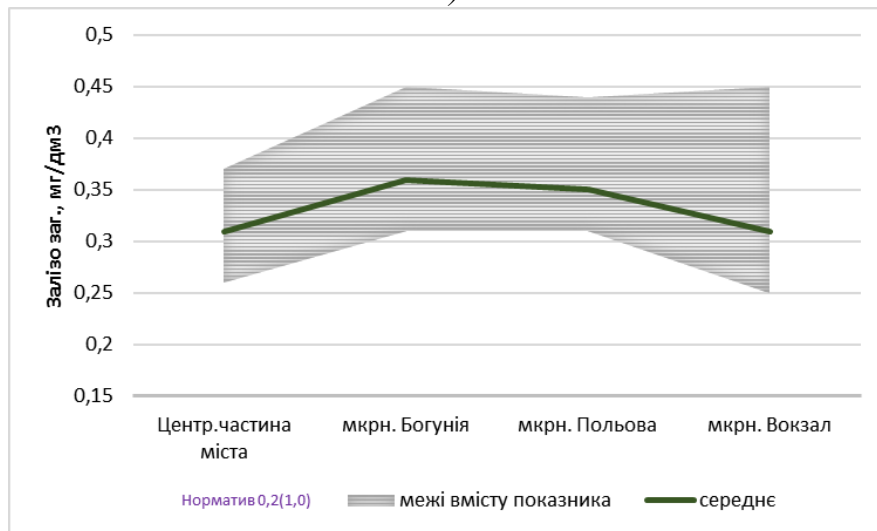
(див. продовження на наступній сторінці)



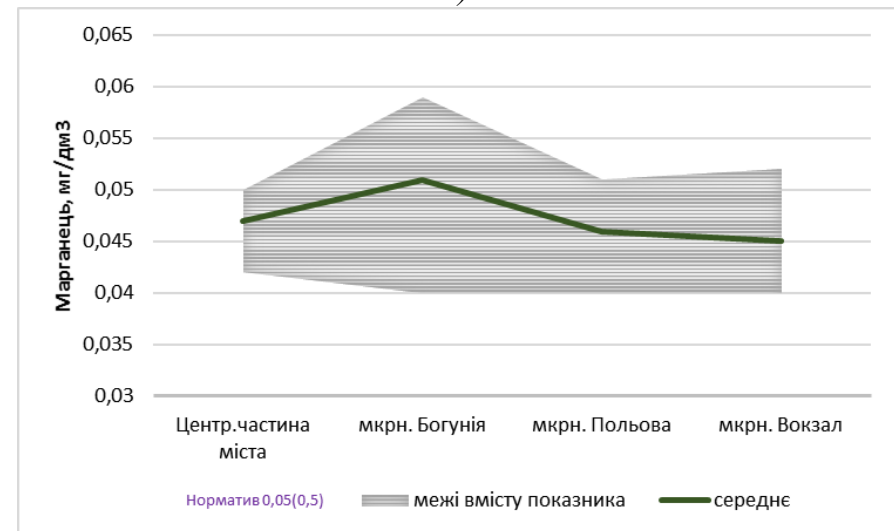
д)



е)



є)



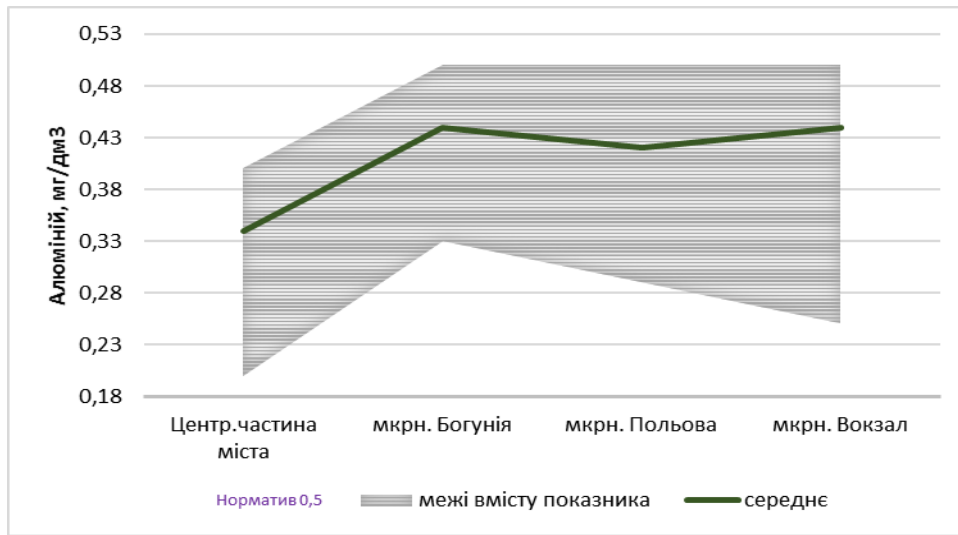
ж)

Рис.3.5. Результати фізико-хімічних показників якості води

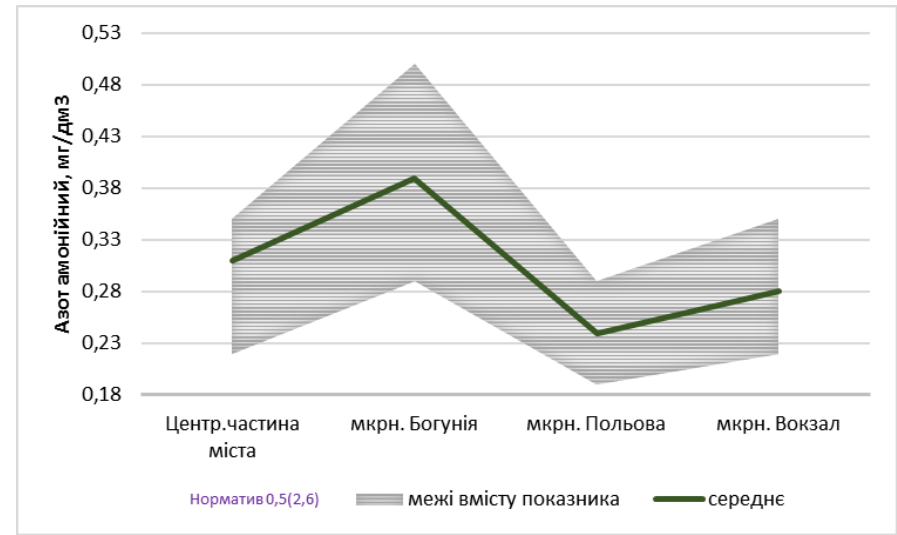
Рівень рН у досліджуваних зразках води знаходився на рівні 5,5 – 7,3 од. (норма 6,5-8,5) (рис. 3.5а), сухий залишок – 300 – 402 мг/дм³ (норма до 1000 (1500)) (рис. 3.5б), жорсткість загальна – 3,8 – 6,7 ммоль/дм³ (норма до 7 (10)) (рис. 3.5в), хлориди – 30 – 57,1 мг/дм³ (норма до 250 (350)) (рис. 3.5г), сульфати – 32 – 79 мг/дм³ (до 250 (500)) (рис. 3.5д), фосфати – 0,19 – 0,42 мг/дм³ (норма до 3,5) (рис. 3.5е), залізо загальне – 0,26 – 0,73 мг/дм³, (норма до 0,2 (1,0)) (рис. 3.5є), марганець – 0,04 – 0,059 мг/дм³ (норма до 0,05 (0,5)) (рис. 3.5ж).

Серед фізико-хімічних показників відхилення від нормативу спостерігалось за рівнем рН та заліза загального (рис. 3.5а та рис. 3.5є). Практично третина проб води, відібраної у центрі міста мала рівень рН від 5,5 од. до нижньої межі нормативних значень (рис. 3.5а). Залізо перевищувало норму до 3,8 разів у всіх пробах води, а максимальні його концентрації були характерні для проб води богунського мікрорайону (рис. 3.5є). Якщо брати до уваги значення показників, наведених у ДСанПіН 2.2.4-171-10, які має право використовувати водоканал до 1 січня 2022 року (в минулій редакції документа зазначалося до 1.01.2020 р.) [2], то відхилень значень від норми за вказаними показниками не буде. Відмітимо, що серед аналізованих нами показників даної групи подвійного нормативу немає лише у рН та фосфатів.

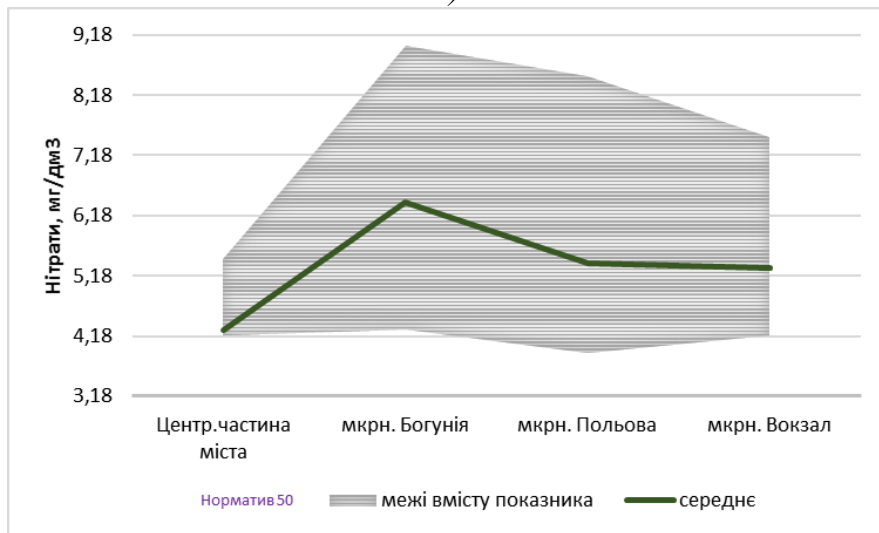
Санітарно-токсикологічні показники знаходилися в межах граничних значень, регламентованих ДСанПіН 2.2.4-171-10: алюміній – від 0,2 до 0,5 мг/дм³ (норма до 0,5) (рис. 3.6а), азот амонійний – від 0,19 до 0,5 мг/дм³ (норма до 0,05 (2,6)) (рис. 3.6б), нітрати – від 3,9 до 9 мг/дм³ (норма до 0,05 (0,5)) (рис. 3.6в), нітроти – від 0,026 до 0,062 мг/дм³ (норма до 0,5 (1)) (рис. 3.6г). Відмітимо, що у вище проаналізованих показників подвійного нормативу немає лише у алюмінію.



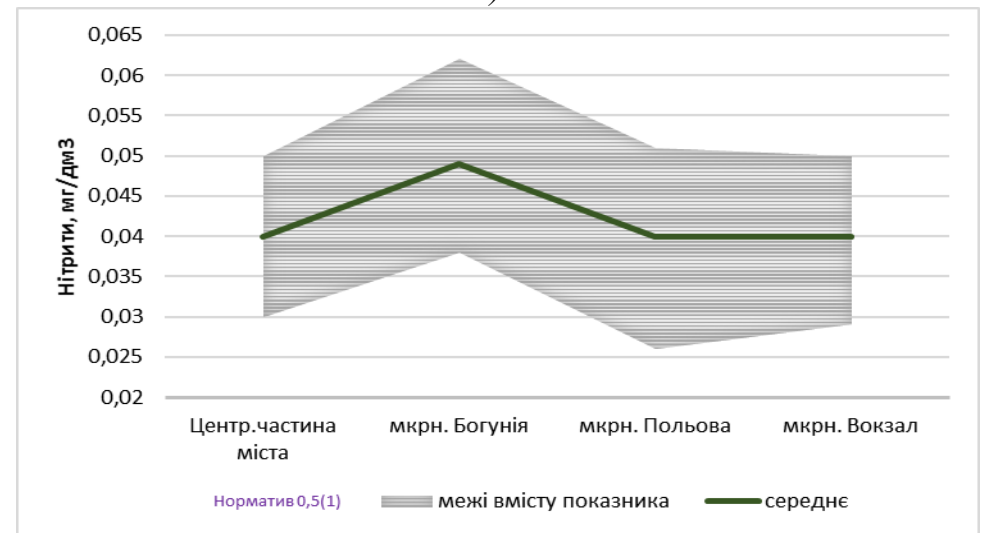
а)



б)



в)



г)

Рис.3.6. Результати санітарно-токсикологічних показників якості води

3.3. Оцінка задоволеності якістю води мешканців міста

Встановлено, що основним джерелом питної води для мешканців міста є мережа водопостачання – 56,7% опитаних (рис. 3.7), тому необхідним є оцінка її якості та визначення ризику для здоров'я від її споживання. 14,3% опитаних користуються водою зі своєї криниці, а 10,5% опитаних купують воду.

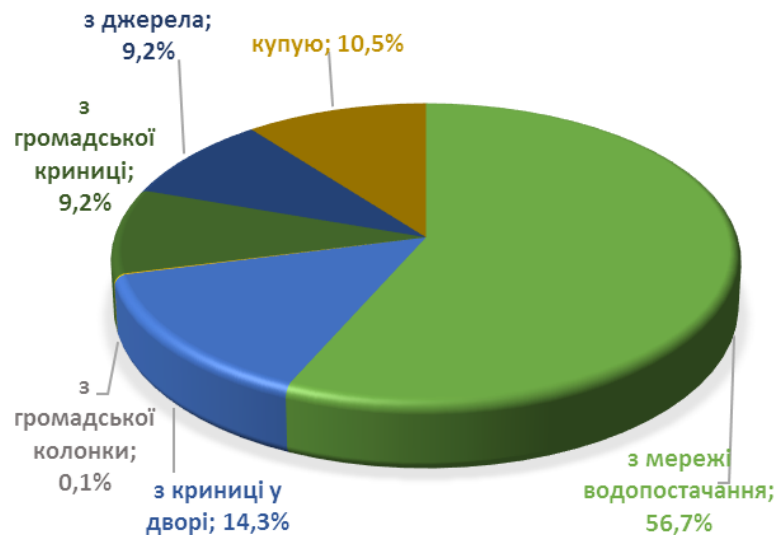


Рис. 3.7. Джерела питної води для мешканців міста

За рівнем задоволеності водопостачанням відповіді поділилися наступним чином:

- більша половина опитаних (54%) не були задоволені належним чином кількістю води (рис. 3.8), основною причиною називали часте припинення водопостачання через аварії, прориви, збої в роботі споруд, ремонтні роботи тощо; 46% відповіли, що достатньо задоволені отриманою кількістю води;
- якістю води не задоволені 86% опитаних, занепокоєння вказували через запах хлору в питній воді, часто брудну воду. Однак 14% респондентів відмітили воду прийнятної для пиття якості (рис. 3.9).

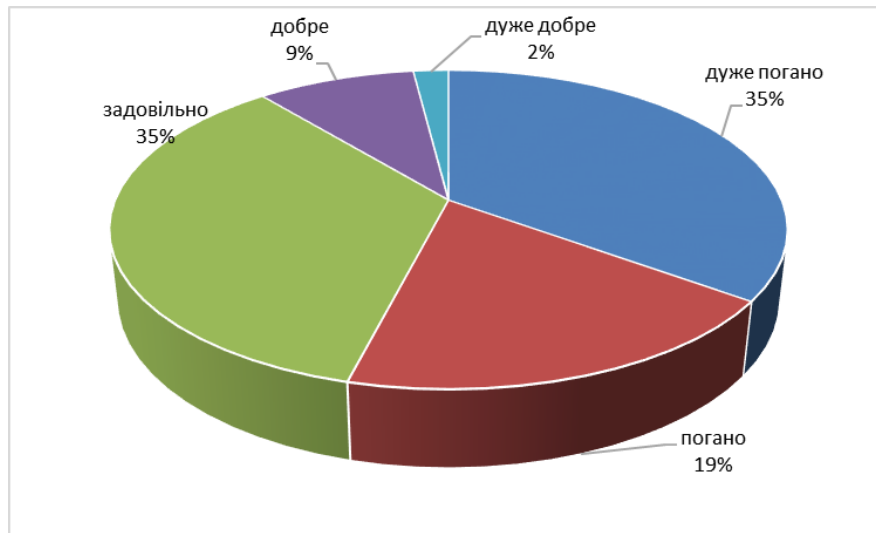


Рис. 3.8. Відповіді на питання «Як ви оцінюєте кількість водопостачання?»

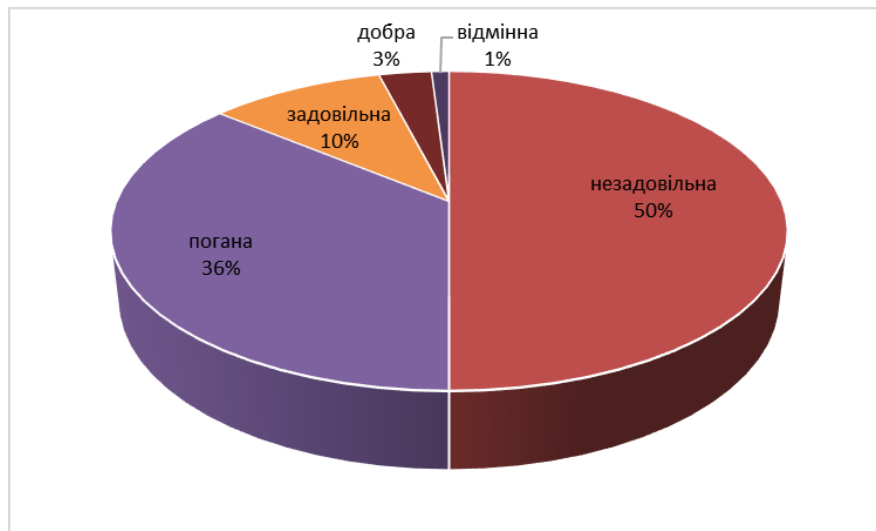


Рис. 3.9. Відповіді на питання «Як ви оцінюєте якість води?»

Визначено, що мешканцями міста практикується домашнє очищення води (100% відповідей). Як засіб очищення всі споживачі використовують кип'ятіння, а також додатково фільтр-гличик (11%) та систему фільтрів (механічної очистки – 15% та зворотного осмосу – 6%) (рис. 3.10).

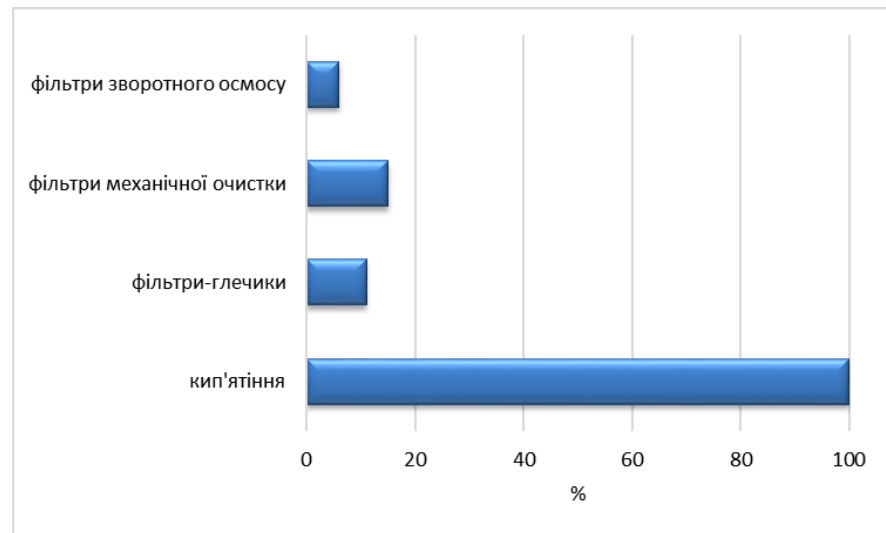


Рис. 3.10. Відповіді на питання «Які способи додаткового очищення води Ви використовуєте?»

3.4. Неканцерогенний ризик для здоров'я населення м. Житомир внаслідок споживання питної води як індикатор безпеки системи водопостачання

Оцінку екологічної безпеки системи водопостачання міста Житомира здійснювали на основі розрахунку сумарного неканцерогенного ризику, за якого існує ймовірність погіршення стану здоров'я внаслідок споживання питної води з централізованої системи водопостачання. Нами оцінювалися речовини, що мають потенційний небезпечний вплив на здоров'я: азот амонійний, нітратний та нітритний, алюміній, марганець, залізо загальне.

Розраховані величини неканцерогенного ризику окремо по азоту амонійному ($0,0104 < 0,05$), нітратам ($0,02 < 0,05$) та нітратам ($0,0014 < 0,05$), алюмінію ($0,0014 < 0,05$), марганцю ($0,017 < 0,05$) та залізу загальному ($0,0361 < 0,05$) не більше величини прийняттого ризику (рис. 3.11).

Сумарний неканцерогенний ризик для здоров'я населення м. Житомир встановлений на рівні 0,068, що перевищує рівень прийняттого у 1,36 разів. Ризик хронічного впливу за такого рівня розглядається як такий, що викликає побоювання, так як за даної ситуації, як правило, виникає тенденція до росту неспецифічної патології. Якщо за величину допустимого рівня токсиканта

брати норматив, що водоканал може використовувати до 1 січня 2022 р., то величина сумарного ризику не перевищує рівня прийнятного ризику і становить 0,034 [3].

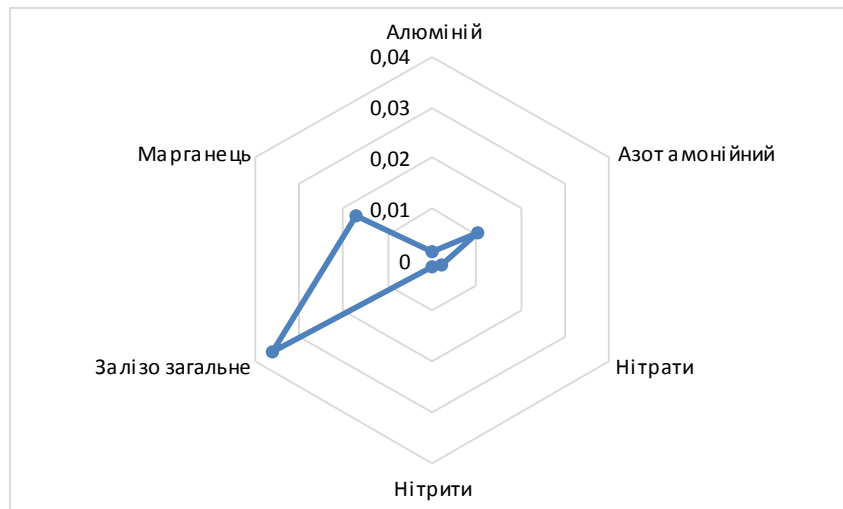


Рис. 3.11. Значення неканцерогенного ризику для здоров'я людині по досліджуваним речовинам

Визначено, що серед досліджуваних речовин найбільший вклад у величину сумарного ризику для здоров'я населення має вміст у воді заліза загального – 52,86 % [3], що, у свою чергу, вказує на необхідність підвищеного контролю саме за цим показником та пошуку і застосування більш ефективних методів зменшення заліза (рис. 3.12).

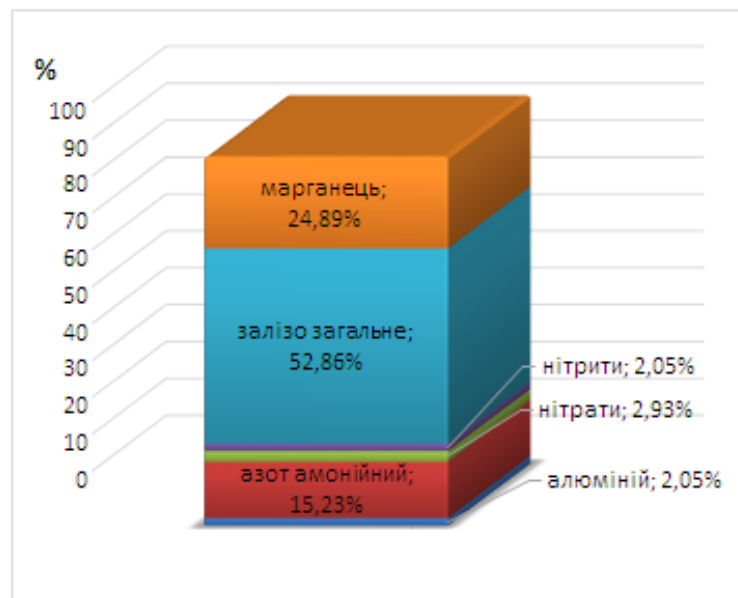


Рис. 3.12. Внесок окремих речовин у загальне значення неканцерогенного ризику

На основі розрахованих величин сумарного неканцерогенного ризику (включаючи і подвійний норматив) було визначено скорочення тривалості життя населення (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Оцінка ймовірного скорочення очікуваної тривалості життя населення м. Житомир внаслідок споживання питної води централізованого водопостачання

Показник	Дорослі			Діти			
	обидві статі	чоловіки	жінки	обидві статі	чоловіки	жінки	
Середня тривалість життя, роки	69,72	64,42	75,21	-	-	-	
Середній вік населення, роки	41,0	38,0	43,6	-	-	-	
Очікуваний залишок життя, роки	28,72	26,42	31,61	70,28	64,82	75,91	
Кількість років, на які зменшується тривалість життя	$Risk_{сум}$	1,91	1,75	2,10	4,67	4,31	5,04
	$*Risk_{сум}$	0,69	0,63	0,76	1,68	1,55	1,82
Прогнозний залишок життя, роки	$Risk_{сум}$	26,81	24,67	29,51	65,61	60,51	70,87
	$*Risk_{сум}$	28,03	25,79	30,85	68,6	63,27	74,09

Аналізуючи табл. 3.4, порівнюючи кількості років, на які зменшується тривалість життя, констатуємо, що у дитячого населення цей показник є вищим, ніж у дорослого, що є негативним фактором.

Визначено, що вживання води з централізованої системи водопостачання міста, яка характеризується наведеними вище у підрозділі 3.2 показниками, та наведені у табл. 3.4 середньої тривалості життя і віку населення, ймовірно здатна призвести до скорочення тривалості життя дорослого населення на 0,63 – 2,1 років, при чому у жінок кількість років,

на які зменшується життє є більшим, ніж у чоловіків: від 0,76 до 2,1 років проти від 0,63 до 1,75 років відповідно. Для дитячого населення період, на який ймовірно може зменшитися їх життя від споживанні такої води, становить від 1,55 до 5,04 років (рис. 3.13).

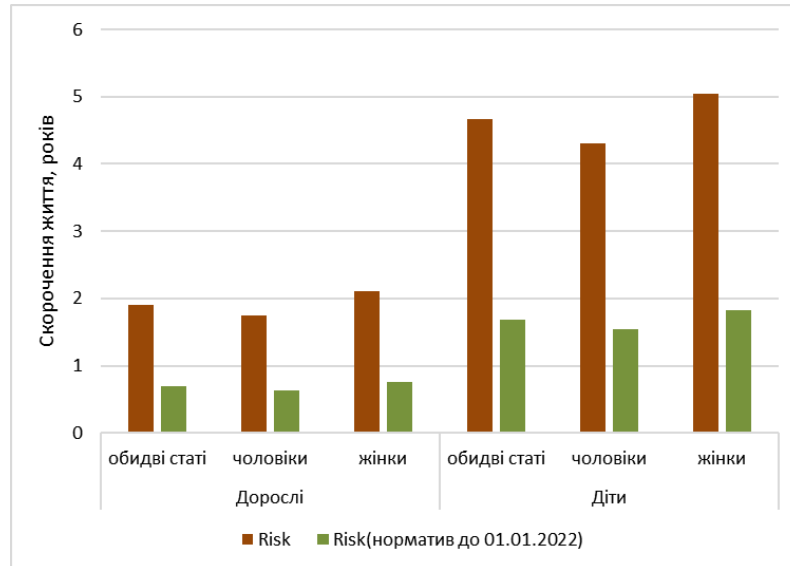


Рис. 3.13. Скорочення тривалості життя населення внаслідок вживання питної води

Враховуючи вище викладене, можемо констатувати, що оцінка якості води за показниками відповідності нормам, наведеним у Державних санітарних нормах та правилах [2], за критерієм не перевищення визначеної норми речовин, що мають потенційний небезпечний вплив на здоров'я, без урахування їх взаємного впливу на здоров'я, не відображає повної ситуації. Як показали наші дослідження, навіть при вмісті у воді речовин, що відповідають нормам і з прийнятним рівнем ризику по кожній, сумарний ризик від їх комбінованого впливу може перевищувати прийнятний рівень.

Також, зважаючи на той факт, що оцінка неканцерогенного ризику для здоров'я населення м. Житомир внаслідок споживання води централізованого водопостачання проводилася лише для 6 речовин, рівень неканцерогенного ризику може приймати й інші значення [3].

ВИСНОВКИ

1. Потреби 292456 мешканців м. Житомира та ще 15 населених пунктів у воді забезпечує КП «Житомирводоканал», 63,7% мереж якого знаходяться в аварійному стані, а 80% водопровідних мереж потребують заміни.

2. Основним джерелом питної води для мешканців міста є мережа водопостачання – 56,7% опитаних. За рівнем задоволеності водопостачанням 54% опитаних не задоволені належним чином кількістю води, 86% респондентів – її якістю та застосовують додаткове домашнє очищення води.

3. Якість питної води з водопровідної мережі м. Житомир загалом відповідає встановленим нормативам ДСанПіН 2.2.4-171-10 за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками. Максимальні значення показників мали місце у водопровідній мережі богунського району.

4. Третина проб питної води з водогону центральної частини міста мали відхилення за рівнем рН і характеризувалися значенням в межах 5,5 – 6,4 одиниці, що вказує на розвиток процесів корозії у мережі.

5. Вміст сульфатів, хлоридів, поліфосфатів, марганцю (за виключенням мікрорайону «Богунія»), азоту амонійного, нітритів та нітратів знаходився в межах затверджених норм.

6. Вміст заліза загального у водопровідній мережі міста перевищував нормативи у 1,3 – 3,75 рази з максимальними значеннями у північно-західній частині міста.

7. Якщо в якості нормативу використовувати друге значення (дійсне до 1.01.2022 р., а в минулій редакції документа – до 1.01.2020 р.), перевищення за показниками забарвленості, каламутності, вмістом заліза загального і марганцю будуть відсутні.

8. Визначені величини ризику здоров'ю людини по кожній речовині, що міститься у питній воді, не перевищують прийнятного ризику (0,05). Сумарний неканцерогенний ризик перевищує допустимий ($0,068 > 0,05$)

(серед аналізованих речовин вміст заліза загального на 52,86% обумовив значення сумарного ризику) і вказує на тенденцію до росту неспецифічної патології. Якщо в якості нормативу використовувати значення, яким може керуватися водоканал до 1 січня 2022 р., величина сумарного ризику не перевищувати прийнятний ($0,034 < 0,05$).

9. Серед досліджуваних речовин найбільший вклад у величину сумарного ризику має вміст у воді заліза загального – 52,86 %.

10. Споживання води централізованого водопостачання мешканцями міста тривалий час ймовірно може спричинити скорочення тривалості життя від 0,6 до 5 років.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Управлінню екології та природних ресурсів Житомирської обласної державної адміністрації спільно з Басейновим управлінням водних ресурсів р. Прип'ять, Державною екологічною інспекцією Поліського округу та КП «Житомирводоканал» проводити заходи щодо зниження наслідків техногенного впливу на джерело водопостачання.

2. Головному управлінню Держпродспоживслужби в Житомирській області, КП «Житомирводоканал» та жителям міста здійснювати контроль якості води мережі централізованого водопостачання.

3. КП «Житомирводоканал» здійснити модернізацію обладнання, залучати інвестиції для зменшення частки аварійного обладнання, створити систему моніторингу мережі, створити онлайн-сервіс для звернення споживачів щодо неякісної питної води. Для забезпечення безпеки питного водопостачання використовувати оцінку ризиків та управління ними на всіх етапах водопостачання від водозабору до споживачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Водний кодекс України : Кодекс України; Закон, Кодекс від 06.06.1995 № 213/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>.
2. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) : Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010 р. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
3. Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Калініченко І.О. Оцінка якості води системи централізованого водопостачання м. Житомир та наслідки від її споживання. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. №2. С. 118-127. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2021.2.10>.
4. Калініченко І. О. Ризик для здоров'я мешканців м. Житомир внаслідок споживання води централізованого водопостачання. *Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій* : м-ли III Всеукр. наук.-практ. конф., 19 лист. 2020 р. Житомир : Поліський національний університет, 2020. С. 36-37.
5. Крисінська, Д. О., Клименко, Л. П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. №31 (1). С. 147-151. DOI: 10.36930/40310124.
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 (79). С. 12-18. DOI: 10.11603/1681-2786.2019.1.10278.
7. Методические рекомендации от 30 июля 1997 г. РФ № 2510/5716-97-32 «2.1. Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200060013>.

8. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році. К. : Міністерство розвитку громад та територій України, 2020. 353 с. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/naczionalna-dopovid-za-2019-rik.pdf>.

9. Про житлово-комунальні послуги : Закон України від 09.11.2017 № 2189-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19>.

10. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення : Закон України від 24.02.1994 № 4004-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12>.

11. Про надра : Кодекс України; Закон, Кодекс від 27.07.1994 № 132/94-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-вр>.

12. Про основи містобудування : Закон України від 16.11.1992 № 2780-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2780-12>.

13. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.

14. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення : Закон України від 10.01.2002 № 2918-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14>.

15. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>.

16. Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів : Закон України від 08.07.2011 № 3677-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3677-17>.

17. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року : Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019> (дата звернення 10.09.2021).

18. Програма розвитку КП «Житомирводоканал» Житомирської міської ради : Стратегія 2030. Житомир, 2020. 105 с.

19. Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2021 році : статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2021. 92 с.
20. Статистичний щорічник України 2019. К., 2020. 465 с. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
21. Україна у цифрах 2019 : статистичний збірник. К., 2020. 46 с. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
22. Adeniran A., Bamiro O. Development of a strategic planning model for a municipal water supply scheme using system dynamics. *Journal of Water Resource and Protection*. 2015. Vol. 7. P. 1183-1194. DOI: 10.4236/jwarpp.2015.715097.
23. Bashir B., Huda G., Hanan M. Municipal water shortage and related water issues in the city of Tajoura: a case study to raise public awareness. *Water Conservation & Management*. 2018. 33-35. DOI: 10.26480/wcm.02.2018.33.35.
24. Bernald L. C. Risks in perspective. *Journal of American Physicians and Surgeons*. 2003. Vol. 8, №2. P. 50–53.
25. Hasbiah A. W., Kurniasih D. Analysis of water supply and demand management in Bandung City Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2019. 245 012030. DOI : <https://doi.org/10.1088/1755-1315/245/1/012030>.
26. Heidari H., Arabi M., Warziniack T., Sharvelle S. Effects of urban development patterns on municipal water shortage. *Front. Water*. 2021. 3:694817. DOI: 10.3389/frwa.2021.694817.
27. Hugo A. Managing municipal water supply and use in water-starved regions: looking ahead. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 2014. Vol. 141, № 1. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000487](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000487).
28. Hunter P. R., MacDonald A. M., Carter R. C. Water supply and health. *PLoS Med*. 2010. Vol. 7, № 11. e1000361. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000361>.

29. Mustapha M., Sridhar M., Coker O. A. Assessment of water supply system from catchment to consumers as framed in WHO water safety plans: A study from Maiduguri water treatment plant, North East Nigeria. *Sustainable Environment*. 2021. Vol. 7, № 1. DOI: 10.1080/27658511.2021.1901389.

30. Improving Public Water Resources Policy in Ukraine: Municipal and environmental issues. / Diegtiar O. A. et al. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. Vol. 11, № 3. P. 672-678. DOI: [https://doi.org/10.14505//jemt.11.3\(43\).20](https://doi.org/10.14505//jemt.11.3(43).20).

31. Johannessen Å., Wamsler C. What does resilience mean for urban water services? *Ecology and Society*. 2017. Vol. 22, № 1. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-08870-220101>.

32. Khalid S., Murtaza B., Shaheen I., Imran M., Shahid M. Public perception of drinking water quality and health risks in the district Vehari, Pakistan. *Vertigo*. 2021. DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.21171>.

33. Kreutzwiser R.D., de Loë R.C. Municipal capacity to manage water problems and conflicts: The Ontario experience. *Canadian Water Resources Journal*. 2002. Vol. 27, № 1. P. 63-83. DOI: 10.4296/cwrj2701063.

34. Nastiti A., Muntalif B. S., Roosmini D., Sudradjat A., Meijerink S. V., Smits A. M. Coping with poor water supply in peri-urban Bandung, Indonesia: towards a framework for understanding risks and aversion behaviours. *Environment and Urbanization*. 2017. Vol. 29, № 1. P. 69-88. DOI:10.1177/0956247816686485.

35. National Research Council. Water Reuse: Potential for expanding the nation's water supply through reuse of municipal wastewater. Washington, DC: The National Academies Press, 2012. DOI: <https://doi.org/10.17226/13303>.

36. Okeola O.G., Balogun S.O. Estimating a municipal water supply reliability. *Cogent Engineering*. 2015. Vol. 2, № 1. DOI: 10.1080/23311916.2015.1012988.

37. Public and private tapwater: Comparative analysis of contaminant exposure and potential risk, Cape Cod, Massachusetts, USA / Bradley P. M.

Environment International. 2021. Vol. 152. 106487. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106487>.

38. Romanchuk L. D., Valerko R. A., Herasymchuk L. O., Kravchuk M. M. Assessment of the impact of organic agriculture on nitrate content in drinking water in rural settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, № 2. P. 17-26. DOI: 10.15421/2021_71.

39. Valerko R.A., Herasymchuk L.O. Assessment of ecological integral index of rural settlements development in the radioactively contaminated territory based on drinking water quality indicators. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions. Riga : Izdevniecība “Baltija Publishing”, 2020. pp. 80-97. DOI: 10.30525/978-9934-588-45-7.5.

40. Zvobgo L. Consumer ability and willingness to pay more for continuous municipal water supply in Chitungwiza. *Sustainable Water Resources Management*. 2021. Vol: 7, № 2. DOI: 10.1007/s40899-021-00498-9.