

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД**  
**«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**  
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ**  
Кафедра екології та охорони навколишнього середовища

Дипломна робота магістра

**ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ У М. УЖГОРОД**

Виконала: Студентка 2 курсу

спеціальності 101 Екологія

Гаврилюк Ірина Володимирівна

Керівник:

к.х.н., доц. Мільович С. С.

Рецензент:

д.х.н. проф. Онисько М. Ю.

Ужгород 2024

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b>	5
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b>	7
1.1. Значення води для організму людини.	7
1.2. Основні джерела водопостачання.	9
1.3. Вимоги до якості питної води.	11
1.4. Характеристика джерел водопостачання м. Ужгорода.	13
<b>РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА</b>	16
2.1. Техніка безпеки при виконанні дипломної роботи магістра	16
2.2. Методики дослідження	17
2.2.1. Визначення фізичних показників води	17
2.2.1.1. Визначення каламутності	17
2.2.1.2. Визначення забарвленості	17
2.2.2. Визначення гідрохімічних показників якості води	18
2.2.2.1. Визначення рН	18
2.2.2.2. Визначення загальної мінералізації	18
2.2.2.3. Визначення загальної жорсткості	19
2.2.2.4. Визначення вмісту іонів амонію	19
2.2.2.5. Визначення вмісту іонів кальцію	20
2.2.2.6. Визначення вмісту іонів магнію	21
2.2.2.7. Визначення вмісту іонів калію і натрію	21
2.2.2.8. Визначення феруму загального	22
2.2.2.9. Визначення вмісту мангану	22
2.2.2.10. Визначення вмісту нітратів	23
2.2.2.11. Визначення вмісту сульфатів	24
2.2.2.12. Визначення вмісту хлоридів	24
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ</b>	26
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ</b>	42

<b>ВИСНОВКИ</b>	43
<b>АНОТАЦІЯ</b>	44
<b>SUMMARY</b>	45
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	46

## **Перелік умовних скорочень**

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ГДК – гранично допустима концентрація

СПАР – синтетичні поверхнево активні речовини

НОК – нефелометрична одиниця каламутності

ФАО – продовольча і сільськогосподарська організація ООН

## ВСТУП

Організація Об'єднаних Націй визнає воду одним із найважливіших ресурсів на Землі, без якого неможливе саме життя, а доступ до джерел чистої води є важливим показником сталого розвитку держави і нації.

Питна вода є активним фактором, який впливає на здоров'я людини. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), її неналежна якість є причиною виникнення понад 80% захворювань. Тому забезпечення населення високоякісною та безпечною питною водою є одним із нагальних та важливих завдань.

Більша частина міського населення України споживає воду з централізованих систем водопостачання. Попередні дослідження свідчать, що вода, яка надходить до споживачів у централізовану водопровідну мережу відповідає гігієнічним нормам. Проте, в процесі транспортування трубопроводами, її якість може змінюватися через вторинне забруднення, що і зумовлює **актуальність даної роботи**.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана на кафедрі екології та охорони навколишнього середовища згідно загальної наукової тематики «Дослідження координаційних сполук та інших аналітичних форм для розробки методів моніторингу об'єктів довкілля та технологічних процесів» (шифр 19А-2016, номер Держреєстрації 0116U003933).

**Метою роботи** є ідентифікація змін, що виникають під час транспортування питної води централізованою системою водопостачання до споживачів у м. Ужгород.

### **Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати джерела водопостачання м. Ужгорода та відібрати проби води у споживачів найбільшого постачальника.
2. Дослідити фізичні показники якості води.
3. Визначити гідрохімічні параметри водопровідної води.

4. Провести узагальнення результатів та зробити оцінку якості води у споживачів централізованого водопостачання м. Ужгорода.

**Об'єкт дослідження** – встановлення відповідності показників якості води гігієнічним вимогам та параметрам води, яка надходить у централізовану водопровідну мережу.

**Предмет дослідження:** фізичні і гідрохімічні параметри якості води.

**Методи дослідження:** порівняльний аналіз літературних даних, аналітичні, хімічні та фізико-хімічні методи аналізу (фотометрія, титриметрія).

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше проведено аналіз якості води у споживачів основного постачальника питної води централізованої системи водопостачання у м. Ужгород. Показано, що за окремими показниками вода у ряді мікрорайонів міста не є безпечною для використання.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані дані можуть бути використані для інформування населення про важливість додаткової очистки питної води перед вживанням.

**Особистий внесок здобувача.** Збір та систематизація літературних даних, визначення фізичних і гідрохімічних показників та статистична обробка результатів проведено дипломантом особисто.

Вибір тематики та напрямку дослідження, узагальнення результатів та їх обговорення, формування висновків проведено спільно з керівником к.х.н., доц. Мільович Степаном Степановичем.

**Апробація роботи.** Результати роботи були опубліковані на міжнародній науковій конференції «Сучасні аспекти та перспективні напрямки розвитку науки» (м. Вінниця, 2024 р.) [1].

**Структура роботи.** Дипломна робота магістра складається з вступу, 3 розділів, рекомендацій, висновків, та переліку використаних джерел. Робота викладена на 46 сторінках комп'ютерного тексту, містить 3 таблиці і 15 рисунків. Перелік використаних джерел налічує 63 найменування.

# РОЗДІЛ I

## ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Значення води для організму людини

Вміст води в організмі людини складає приблизно 60-67,85% від усього тіла, до 70% її зосереджено у основних органах тіла: шкірі, м'язах, мозку, спинному мозку, печінці, серці, легенях, селезінці, нирках, підшлунковій залозі. і шлунково-кишковому тракту. Менший відсоток міститься в кістках (30%), зубах (5%) і жировій тканині (50%) [2,3]. 30% складає позаклітинна вода [4].

Вода виконує цілий ряд функцій в організмі людини [5].

- виступає у якості будівельного матеріалу;
- як розчинник;
- реакційне середовище та реагент;
- як носій поживних речовин і продуктів життєдіяльності;
- бере участь у процесах терморегуляції.

Достатнє споживання води знижує ризик сечокам'яної хвороби, інфекцій сечовивідних шляхів, гіпертонії та ішемічної хвороби а також покращує щільність шкіри [5].

Згідно рекомендацій Національної академії наук, інженерії і медицини США, яких притримуються у світі, кількість води, яка надходить у організм залежить від статі і віку та прямо пропорційна витратам енергії: дівчаткам 2-3 років – 1,3л води на день, від 4 років – 1,7л, причому кількість збільшується у міру зростання дитини. Так, дівчинці від 9 до 13 років – 2,1л, дівчатам від 14 до 18 років – 2,3л, а жінкам від 19 до 50+ років – 2,7л води на добу.

Потреба у воді для чоловічої статі значно вища, оскільки вони мають більші розрахункові витрати енергії: хлопчикам від 4 до 8 років – 1,7л води на день, 9-13 років – 2,4л, юнакам до 18 років – 3,3л, чоловікам від 19 до 50+ років рекомендована кількість – 3,7л на день.

Близько 20% щоденного споживання води звичайно припадає на харчові продукти, а решта – на напої [6].

Однак потреба людини у воді не базується на мінімальному споживанні, оскільки це може призвести до дефіциту води через численні фактори, які змінюють потреби у воді (клімат, фізична активність, дієта тощо).

Нестача води в організмі людини, зневоднення, може призвести до ряду порушень і недуг в організмі людини. Коли втрата води перевищує втрату електролітів, особливо натрію, тиск позаклітинної рідини перевищує внутрішньоклітинний і починають діяти компенсаторні механізми для вирівнювання тисків двох рідин, результатом чого є зневоднення клітини та відчуття спраги. Це називається гіпертонічною дегідратацією і може бути спричинено недостатнім споживанням води або надмірною втратою води. Зневоднення може вплинути на свідомість і викликати незв'язність мови, слабкість у кінцівках, гіпотонію очних яблук та тахікардію [7].

Вживання забрудненої питної води може призвести до негативних наслідків для здоров'я людини. Найбільш вагомим фізичним показником який має біологічне значення для людини є каламутність, оскільки вона може свідчити про неналежне видалення патогенів при водопідготовці або потрапляння забруднення через тріщини у водопровідній системі. Щодо інших параметрів, таких як колір, запах і смак ВООЗ не встановлює рекомендацій, оскільки вони не представляють небезпеки для здоров'я [8].

Наявність таких збудників захворювань як бактерії, віруси і паразити призводять до захворювання на холеру, дизентерію, черевного тифу та гепатиту А [9].

А хімічне забруднення води – до виникнення онкологічних захворювань, неврологічних розладів, репродуктивних проблем і ендокринних порушень [10].

Недотримання вимог радіаційної безпеки для питної води в довгостроковій перспективі може призвести до незворотних наслідків, включаючи ризик онкологічних захворювань, генетичних мутацій і системних репродуктивних розладів [11].

## 1.2. Стан забезпечення України питною водою

Прісна вода становить 3% від загальної кількості води на Земній кулі. Лише невеликий відсоток (0,01%) цієї прісної води доступний для використання людиною. Підземні води є цінним природним ресурсом і вважаються порівняно набагато чистішими та незабрудненими, ніж поверхневі води. Хоча підземні води складають лише 0,1% загальних водних ресурсів світу, за глобальними оцінками, 20% запасів прісної води припадає саме на них [5].

Найбільші водні ресурси у світі зосереджені у Бразилії – 9230 км<sup>3</sup>, Росії – 4270 км<sup>3</sup>, США – 2850 км<sup>3</sup> та Китаї – 2600 км<sup>3</sup> води на рік (11), у Європі – у Ісландії, Норвегії і Хорватії [12].

Україна відноситься до маловодних країн. За загальною забезпеченістю водними ресурсами, що включає у себе поверхневий стік і експлуатаційні запаси підземних вод, згідно даних глобальної інформаційної системи по воді та сільському господарству ФАО Aquastat, вона займає 27 місце у Європі серед 50 країн. А за показником загального обсягу водних ресурсів на 1 людину – 27 місце (3964 м<sup>3</sup> /рік/людину).

Запаси підземних вод становлять 22 км<sup>3</sup>, але внаслідок того, що 17 км<sup>3</sup> гідравлічно зв'язані з річковим стоком, доступними до використання є всього 5,0 км<sup>3</sup> [13].

Основними джерелами водопостачання в Україні є поверхневі водойми, обсяг яких становить 170,3 км<sup>3</sup>/рік. Водночас тільки 50,1 км<sup>3</sup>/рік формуються на території України за рахунок місцевого річкового стоку, а решта (120,2 км<sup>3</sup>/рік) – за рахунок зовнішнього стоку: з Росії і Білорусі (36,1 км<sup>3</sup>/рік) та Румунії (84,1 км<sup>3</sup>/рік) (12). За коефіцієнтом зовнішньої залежності країни Україна займає 9 місце у Європі [14].

Водні ресурси розміщені на території країни вкрай нерівномірно. 58% відсотків припадає на західні регіони, серед яких у Закарпатській і Івано-Франківській областях показник забезпеченості місцевим стоком на одного мешканця становить відповідно 6,3 тис. м<sup>3</sup> на рік і 3,55 тис. м<sup>3</sup> на рік. Найменш забезпеченими є південні і східні регіони [15].

Останні дані про водопостачання і водовідведення в Україні наведені у статистичному збірнику України, оскільки на час воєнного стану Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні не складається.

У 2022 році було відібрано 4883 млн. м<sup>3</sup> води з природних водних об'єктів, в тому числі прісної – 4861 млн. м<sup>3</sup>. На виробничі потреби було використано 2397 млн. м<sup>3</sup>, на питні і санітарно-гігієнічні – 753 млн. м<sup>3</sup>, на зрошення – 143 млн. м<sup>3</sup> і на інші – 108 млн. м<sup>3</sup>. Скинуто у поверхневі водні об'єкти 3625 млн. м<sup>3</sup> зворотних вод, в тому числі 374 млн. м<sup>3</sup> забруднених, 80 млн. м<sup>3</sup> без очищення, 294 млн. м<sup>3</sup> недостатньо очищених, 1055 млн. м<sup>3</sup> нормативно очищених та 1551 млн. м<sup>3</sup> нормативно чистих без очистки [16].

Відповідно до даних про забруднення поверхневих водойм, наведених у Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році, кількість забруднюючих речовин, які надійшли у водойми становила: азоту амонійного – 6009,7 т, завислих речовин – 22123 т, феруму – 397,4 т, нафтопродуктів – 244161,8 т, нітратів – 47623,3 т, нітритів – 1749,4 т, СПАР – 176,6 т та фосфатів – 6242,7 т. Значним було і забруднення органічними речовинами, яке становило 16862,9 т. Найбільш забрудненими на той час були поверхневі водойми басейну Дністер, Дону (р. Сіверський Донець) та Вісли (р. Західний Буг) [17].

У зв'язку з агресією Росії проти України стан водних ресурсів значно погіршився. Через війну понад 13 мільйонів людей в Україні мають проблеми з доступом до безпечної питної води. Діти, які живуть у зонах збройного конфлікту у 20 разів частіше помирають від діареї, спричиненої неякісною питною водою, ніж у результаті військових дій. Питна вода в Україні є однією з мішеней окупаційних сил.

Російські війська:

– крадуть та експлуатують водні ресурси, наприклад намагаючись забезпечити Крим водою через Північно-Кримський канал;

– руйнують системи водопостачання та комунікації, які є джерелами якісної води для населення;

- руйнують очисні споруди;
- обстрілюючи підприємства та склади поблизу водойм, забруднюють воду внаслідок витоку токсичних речовин [18].

Водні ресурси Закарпатської області формуються за рахунок внутрішнього і зовнішнього річкового стоку з території Румунії, Угорщини та Словаччини і підземних вод.

У 2023 році із водних об'єктів було відібрано 37,787 млн м<sup>3</sup> води, 11,814 млн м<sup>3</sup> з яких на питні і санітарно-гігієнічні потреби. Обсяг скидів складав 45,202 млн м<sup>3</sup>, при цьому – 5,907 млн м<sup>3</sup> не очищених. Найбільшими забруднювачами поверхневих водойм є комунальні підприємства [19].

Централізованим водопостачанням забезпечено 35,7% населення області, а у містах – 85,4%. У м. Свалява, частково м. Ужгород, смт. Міжгір'я, Воловець та В. Березний воно здійснюється із поверхневих джерел, в інших населених пунктах – із підземних водоносних горизонтів [20].

Дослідження якості питної води із 82 водопроводів, яке проводилося «Закарпатським обласним центром контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України», виявило невідповідність якості води нормативним вимогам за санітарно-хімічними показниками у 40,2% випадків. За мікробіологічними показниками – у 7,6% досліджених проб (В. Березний, м. Чоп, Тячівський район). Радіаційні показники відповідали гігієнічним вимогам [19].

### **1.3. Вимоги до якості питної води**

Законодавство України передбачає захист прав споживачів, у тому числі на забезпечення якісною питною водою в межах науково обґрунтованих норм відповідно до регіональних та побутових умов. Задоволення потреб населення у питній воді є пріоритетним напрямком розвитку систем водопостачання та водовідведення [21].

Якість води визначається комплексом фізичних, хімічних, біологічних і бактеріологічних показників, що повинні відповідати вимогам споживачів. Ці вимоги регулюються державними стандартами та технічними умовами.

Згідно із Законом України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", контроль за дотриманням санітарно-гігієнічних норм якості питної води здійснюється органами державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України (СЕС). Питна вода повинна бути безпечною з епідеміологічного погляду, нешкідливою за хімічним складом і мати приємні органолептичні властивості [22].

Основним нормативним документом, який регламентує якість питної води є ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [23].

У відповідності до даного стандарту якість води оцінюється за наступними параметрами:

1. епідемічна безпека:

- мікробіологічні показники (загальне мікробне число, загальні коліформи, E.coli, ентерококи, синьогнійна паличка, патогенні ентеробактерії, коліфаги, ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші);
- паразитологічні (патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші; кишкові гельмінти);

2. санітарно-хімічними:

- органолептичні показники (запах, забарвленість, каламутність, смак і присмак);
- 16 фізико-хімічних показників;
- 19 санітарно-токсикологічних показників;

3. радіаційними показниками (сумарна активність природної суміші ізотопів U, питома активність  $^{226}\text{Ra}$ , питома активність  $^{228}\text{Ra}$ , питома активність  $^{222}\text{Rn}$ , питома активність  $^{137}\text{Cs}$ , питома активність  $^{90}\text{Sr}$ ).

Крім цього оцінюються показники фізіологічної повноцінності мінерального складу води. Відповідно до даного нормативного документу, вода вважається фізіологічно повноцінною, якщо:

- загальна жорсткість знаходиться у діапазоні 1,5 - 7,0 ммоль/дм<sup>-3</sup>;
- загальна лужність – 0,5 - 6,5 ммоль/дм<sup>-3</sup>;
- вміст йоду – 20 – 30 мкг/дм<sup>-3</sup>;
- калію – 2 – 20 мг/дм<sup>-3</sup>;
- кальцію – 25 – 75 мг/дм<sup>-3</sup>;
- магнію – 10 - 50 мг/дм<sup>-3</sup>;
- натрію – 2-20 мг/дм<sup>-3</sup>;
- сухий залишок – 200 – 500 мг/дм<sup>-3</sup>;
- фторидів – 0,7 - 1,2 мг/дм<sup>-3</sup>.

У рамках приєднання України до Європейського Союзу необхідно адаптувати вимоги до якості питної води до європейських. Перш за все, Європейський Союз вимагає, щоб ці вимоги були прописані на рівні закону, а не нормативного документу, інакше вся вода в Україні буде вважатися технічною [24]. Крім того, ДСанПіН 2.2.4-171-10 не містить 23 показники безпечності та якості води, які є у Директиві (ЄС) 2020/2184 про якість води, призначеної для споживання людиною.

#### **1.4. Характеристика джерел водопостачання м. Ужгорода**

Централізоване водопостачання м. Ужгорода здійснюється з:

- з поверхневого водозабору (дериваційний канал річки Уж), продуктивністю 37 тис. м<sup>3</sup>/добу який знаходиться в межах міста;
- та з підземних джерел Уж-Латорицького родовища, ділянки "Минай", продуктивністю 30 тис. м<sup>3</sup>/добу, які розташовані у районі сіл Холмок, Розівка та Коритняни Ужгородського району [25].

Вода з поверхневого водозабору відбирається, відстоюється, освітлюється, знезаражується і фільтрується на трьох насосно-фільтрувальних станціях, які експлуатуються з 1926, 1964 та 1985 років. Після зберігання у резервуарах чистої води вона надходить у міську мережу.

На Минайському водозаборі, який був змонтований у 1967 році, вода відбирається з 22 артезіанських свердловин, і після обробки подається у водопровідну мережу трьома водогонами.

Вода обох джерел водопостачання міста частково закільцьована, тому не завжди можна з впевненістю сказати, яку саме воду отримує споживач.

Показники якості води на водозаборах суттєво відрізняються, зокрема на Минайському водозаборі відмічається вища жорсткість і мінералізація, а вода з дериваційного каналу більш м'яка, але вразливіша до антропогенного забруднення.

Якість води, яка подається у мережу водопостачання, суворо контролюється лабораторіями водоканалу м. Ужгорода за 34 хімічними і 4 бактеріологічними показниками і відповідає нормативним вимогам. Однак, внаслідок того, що зношеність водопровідної мережі міста становить 50%, а на окремих ділянках і більше, може відбуватися вторинне забруднення води, яка надходить до споживача. Значний внесок у це забруднення вноситься за рахунок того, що у частині мікрорайонів міста водопостачання здійснюється трубами з чорного металу без антикорозійного покриття [26].

У 2012 році була прийнята програма "Питна вода міста Ужгород на 2012-2020 роки, затверджена сесією міської Ради (№ № 628 від 21.09.12р.), метою якої було вжиття заходів щодо забезпечення населення питною водою нормативної якості.

Основними проблемами, які вимагали негайного вирішення, були зазначені [27]:

- приведення у відповідність до вимог зон санітарної охорони джерел водопостачання дериваційного каналу р. Уж, що буде сприяти зменшенню їх забруднення поверхневим стоком;
- оновлення споруд насосно-фільтрувальних станцій поверхневого водозабору №1 і №2, які функціонують з 1926 і 1964 років у зв'язку із діючими на даний час більш жорсткими вимогами до питної води;
- збільшення об'єму ємностей для запасів води на Минайському водозаборі, що дозволить уникнути водопостачання за графіком;
- вирішення питання про надання поясів охорони водозабору «Минай»

на території сіл Минай, Коритняни, Холмок та Кінчеш водоканалу у постійне користування, з метою зменшення ймовірності забруднення підземного водоносного горизонту;

- реконструкція каналізаційних очисних споруд, навантаження на які майже в 2 рази перевищує проектну потужність, що призводить до надходження значної кількості забруднюючих речовин у р. Уж;

- запровадження схеми оптимізації систем водопостачання та водовідведення у зв'язку з інтенсивною розбудовою міста.

На жаль, на реалізацію цієї програми було виділено тільки третину потрібних коштів, які були використані на капітальний ремонт окремих ділянок водопроводу.

## РОЗДІЛ 2

### ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Правила техніки безпеки та охорони праці при виконанні дипломної роботи

1. Роботу в лабораторії необхідно проводити у спеціальному одязі.
2. При роботі зі скляним посудом необхідно захищати руки.
3. При переливанні рідини необхідно користуватися лійкою.
4. Робота з кислотами та лугами вимагає дотримання наступних правил:
  - з концентрованими кислотами та лугами роботу слід проводити у витяжній шафі в окулярах і гумових рукавичках;
  - концентровану кислоту відбирають із посудини за допомогою спеціальної піпетки з грушею або сифоном;
  - при приготуванні розчинів кислот, кислоту треба додавати у воду, а не навпаки;
  - при приготуванні розчинів лугів, до лугу додають необхідну кількість води і перемішують;
  - концентровані кислоти і луги виливають у раковину після попередньої нейтралізації;
  - при кип'ятінні кислотних і лужних розчинів не можна щільно закривати посуд (пробірки і колби пробкою) до повного їх охолодження;
  - при митті посуду хромовою сумішшю запобігають потраплянню її на шкіру, одяг, взуття.
5. Після закінчення роботи необхідно:
  - привести в порядок робоче місце;
  - залишки шкідливих речовин здати на зберігання;
  - старанно вимити руки милом, рот прополоскати водою [28].

## 2.2. Методики дослідження

### 2.2.1. Визначення фізичних показників якості води

#### 2.2.1.1. Визначення каламутності [29]

*Суть методу:* Каламутність визначають за розсіюванням світла суспендованими частинками у воді. Метод базується на порівнянні інтенсивності розсіяного світла при проходженні крізь досліджувану воду та стандартні зразки або на використанні нефелометрів. Одиниці вимірювання каламутності — нефелометричні одиниці каламутності (НОК).

*Хід аналізу:* 100 см<sup>3</sup> відфільтрованої досліджуваної води поміщають у вимірювальну кювету. Вимірюють на спектрофотометрі при довжині хвилі 860 нм. За вимірною оптичною густиною знаходять каламутність за калібрувальним графіком.

Прилади: спектрофотометр ПС-5400ВІ. Похибка вимірювання:  $\pm 1-3\%$ .

#### 2.2.1.2. Визначення забарвленості [30]

*Суть методу:* Забарвленість води обумовлена наявністю органічних і неорганічних речовин, що розчинені у воді. Метод ґрунтується на порівнянні кольору досліджуваного зразка зі стандартними розчинами або дистильованою водою. Одиниці вимірювання — градуси платиново-кобальтової шкали (мг Pt/л).

*Хід аналізу:* Зразок води очищують від завислих речовин (фільтрують через паперовий фільтр «синя стрічка»). Нагрівають до кімнатної температури (20–25°C). Використовують фотометр або спектрофотометр. Пробу 100 см<sup>3</sup> поміщають у кювету, визначають абсорбцію на довжині хвилі 455 нм. Абсорбція перераховується у градуси забарвленості на основі калібрувального графіка.

Прилади: спектрофотометр ПС-5400ВІ. Похибка вимірювання:  $\pm 1-3\%$ .

## 2.2.2. Визначення гідрохімічних показників якості води

### 2.2.2.1. Визначення рН [31]

*Суть методу.* Потенціометричний метод визначення рН базується на вимірюванні електрорушійної сили електрометричної комірки, що складається з вимірювального розчину, скляного електрода та хлорсрібного електрода порівняння. Цей метод може бути застосований до проб всіх типів вод із діапазоном значень рН від 3 до 10.

*Хід аналізу.* Спочатку вимірюють температуру проби і налаштовують температурний контроль на рН-метрі згідно з інструкцією виробника.

Електрод промивають водою і пробюю води, занурюють його в пробу, перемішують і вимірюють значення рН в стані спокою.

Прилад: іономір І-160МІ. Похибка вимірювання:  $\pm 0,1$  рН.

### 2.2.2.2. Визначення загальної мінералізації [32] **Це не мінарелізація, а сухий залишок але, якщо є така метолика то...**

*Суть методу.* Метод полягає у ваговому визначенні вмісту сухого залишку. Величина сухого залишку характеризує загальний вміст розчинених у воді нелетких мінеральних та частково органічних сполук.

*Хід аналізу.* 250-500 см<sup>3</sup> води випарюють у попередньо висушеній до постійної маси порцеляновій чашці на водяній бані з дистильованою водою. Після цього чашку із сухим залишком поміщають у сушильну шафу і при температурі 110°C висушують до постійної маси.

*Обробка результатів.*

Сухий залишок (x), мг/дм<sup>3</sup>, обчислюють за формулою:

$$x = (m - m_1) * 1000 / V,$$

де m - маса чашки із сухим залишком, мг;

m<sub>1</sub> - маса порожньої чашки, мг;

V - об'єм води, взятий для визначення, см<sup>3</sup>.

Різниця між повторними визначеннями не повинна перевищувати 10 мг/дм<sup>3</sup>.

### 2.2.2.3. Визначення загальної жорсткості [33]

*Суть методу.* Метод оснований на утворенні комплексної сполуки трилона Б з іонами кальцію і магнію при рН 10.

*Хід аналізу.* За допомогою піпетки переносять 50,0 см<sup>3</sup> досліджуваного розчину у конічну колбу об'ємом 250 см<sup>3</sup>. Додають 4 см<sup>3</sup> аміачного буферного розчину, три краплі індикатору еріохрому чорного і титрують етилендіамінтетраоцтовою кислотою концентрацією 10 ммоль/дм<sup>3</sup> до зміни забарвлення.

*Обробка результатів.*

Сумарний вміст кальцію та магнію  $C_{Ca+Mg}$  розраховують за рівнянням:

$$C_{Ca+Mg} = C_1 * V_3 / V_0,$$

де  $C_1$  - концентрація розчину етилендіамінтетраоцтової кислоти, ммоль/дм<sup>3</sup>;

$V_0$  - об'єм робочої частини проби, см<sup>3</sup>;

$V_3$  - об'єм етилендіамінтетраоцтової кислоти, яку використовували під час титрування, см<sup>3</sup>.

Похибка вимірювань:  $\pm 0,3$  ммоль/дм<sup>3</sup>.

### 2.2.2.4. Визначення вмісту іонів амонію [34]

*Суть методу.* Взаємодія аміаку у лужному середовищі з йодомеркуріатом калію (реактив Неслера) з утворенням колоїдної сполуки жовто-коричневого кольору.

*Хід аналізу.* 50 см<sup>3</sup> проби води, взятої для аналізу, переносять в колбу на 100 см<sup>3</sup> додають 1-2 краплі розчину сегнетової солі, 1,0 см<sup>3</sup> розчину реактиву Неслера і після перемішування через 10 хв. вимірюють оптичну густину розчину при довжині хвилі 425 нм.

*Обробка результатів.*

Сумарний вміст амонію розраховують за рівнянням:

$$C_{NH_4} = C_1 * k * 50 / V_0,$$

де  $C_1$  - концентрація амоній-іонів, мг/дм<sup>3</sup>;

$k$  – ступінь попереднього розбавлення ( $k = 1$ , якщо пробу не розбавляли);

$V_0$  - об'єм аликвоти проби,  $\text{см}^3$ ;

50 - об'єм мірної колби,  $\text{см}^3$ .

Прилад: спектрофотометр ПС-5400ВІ. Похибка вимірювання:  $\pm 0,05 \text{ мг/дм}^3$ .

#### 2.2.2.5. Визначення вмісту іонів кальцію [35]

*Суть методу.* Для визначення вмісту іонів кальцію використовують метод титрування з використанням етилендіамінтетраоцтової кислоти.

Комплексометрично титрують іони кальцію, водним розчином динатрієвої солі етилендіамінтетраоцтової кислоти (ЕДТА) за значення рН 12-13. Кальконкарбонову кислоту, що утворює червоний комплекс з іонами кальцію, використовують як індикатор. Магній осідає у вигляді гідроксиду і не впливає на хід реакції. У процесі титрування етилендіамінтетраоцтова кислота спочатку вступає в реакцію з незв'язаними іонами кальцію, які утворюють комплексну сполуку з індикатором. Індикатор змінює колір від червоного до яскраво-блакитного.

*Хід аналізу.* За допомогою піпетки переносять  $50,0 \text{ см}^3$  випробного розчину у конічну колбу місткістю  $250 \text{ см}^3$ . Додають  $2 \text{ см}^3$  розчину їдкого натру та приблизно  $0,2 \text{ г}$  індикатора кальконкарбонової кислоти. Перемішують і негайно титрують до зміни забарвлення на синій.

*Обробка результатів.*

Вміст кальцію, Са, виражений в мілімолях на дециметр кубічний, розраховують за рівнянням:

$$C_{\text{Ca}} = C_1 \times V_3 / V_0$$

$C_1$  – концентрація розчину етилендіамінтетраоцтової кислоти,  $\text{ммоль/дм}^3$ ;

$V_0$  – об'єм проби,  $\text{см}^3$ ;

$V_3$  – об'єм етилендіамінтетраоцтової кислоти, що використовували під час титрування,  $\text{см}^3$ .

Результати повинні співпадати з відхилом  $\pm 5 \text{ мг/дм}^3$  у діапазоні від  $30 \text{ мг/дм}^3$  до  $100 \text{ мг/дм}^3$ .

#### 2.2.2.6. Визначення вмісту іонів магнію [36]

*Суть методу.* Комплексометрично титрують кальцій та магній водним розчином дивалентної солі етилендіамінтетраоцтової кислоти за значення рН 10. У процесі титрування етилендіамінтетраоцтова кислота спочатку вступає в реакцію з незв'язаними іонами кальцію та магнію, а потім в еквівалентній точці – з іонами кальцію та магнію, які утворюють комплекс з індикатором еріохромом чорним, вивільняючи цей індикатор та змінюючи колір від пурпурово-червоного або фіолетового до синього. Результати наводять у кількості одиниць концентрації речовини. Якщо вміст кальцію визначали окремо, масову концентрацію магнію можна розрахувати.

*Хід аналізу.* За допомогою піпетки переносять 50,0 см<sup>3</sup> випробного розчину у конічну колбу місткістю 250 см<sup>3</sup>. Додають 4 см<sup>3</sup> буферного розчину та три краплі індикатору еріохрому чорного. Колір розчину зміниться на пурпурово-червоний або фіолетовий. Після цього титрують, додаючи розчин етилендіамінтетраоцтової кислоти з бюретки до зміни забарвлення на синій.

*Обробка результатів.*

Вміст іонів кальцію+магнію,  $C_{Ca+Mg}$ , виражений в мілімолях на дециметр кубічний, розраховують за рівнянням:

$$C_{Ca+Mg} = C_1 \times V_3/V_0$$

$C_1$  – концентрація розчину етилендіамінтетраоцтової кислоти, ммоль/дм<sup>3</sup>;

$V_0$  – об'єм робочої частини проби, см<sup>3</sup>;

$V^3$  – об'єм етилендіамінтетраоцтової кислоти, що використовували під час титрування, см<sup>3</sup>.

Похибка становить  $\pm 0,04$  ммоль/дм<sup>3</sup>.

#### 2.2.2.7. Визначення вмісту іонів калію і натрію

*Суть методу.* Метод визначення вмісту іонів калію і натрію ґрунтується на вимірюванні електрорушійної сили електрохімічної комірки, який складається з калійного і натрієвого селективних електродів і хлорсрібного електрода порівняння. Метод застосовується для аналізу природних, питних і стічних вод.

*Хід аналізу.* Спочатку іономір калібрують за допомогою стандартних розчинів калію і натрію. Відбирають два або три стандартні розчини з відомою концентрацією кожного іона, вимірюють потенціали і будують калібрувальну криву.

Після калібрування електрод промивають дистильованою водою, висушують і занурюють у вимірюваний зразок води. Для отримання точних показань розчин перемішують і вимірюють концентрацію іонів калію і натрію після стабілізації потенціалу. Результати визначають на основі калібрувальної кривої.

Прилад: Іономір І-160МІ, калійний і натрієвий селективні електроди.

Похибка вимірювання:  $\pm 0,1$  мг/дм<sup>3</sup>.

#### 2.2.2.8. Визначення феруму загального [37]

*Суть методу.* Фотометричний метод визначення загального феруму полягає в утворенні забарвлених комплексів в результаті взаємодії з ортофенантроліном.

*Хід аналізу.* До зразка додають гідроксиламін солянокислий, ортофенантролін і ацетатно-амонійний буферний розчин. Після появи забарвлення оптичну щільність вимірюють спектрофотометром при довжині хвилі 510 нм.

*Обробка результатів.*

Вміст феруму загального у мг/дм<sup>3</sup> визначають за формулою: **Може так для всіх**

$$C = C_{\text{гр}} * 50 / V$$

де,  $C_{\text{гр}}$  – концентрація феруму, мг/дм<sup>3</sup>;

50 – об'єм мірної колби, см<sup>3</sup>;

V – об'єм води, взятої для аналізу, см<sup>3</sup>.

Прилад: спектрофотометр ПС-5400ВІ. Похибка вимірювання:  $\pm 0,1$  мг/дм<sup>3</sup>.

#### 2.2.2.9. Визначення вмісту мангану [38]

*Суть методу.* Метод визначення вмісту мангану заснований на каталітичному окисленні сполук мангану персульфатом калію з подальшим вимірюванням оптичної густини розчину і розрахунком масової концентрації.

*Хід аналізу.* До зразка 100 см<sup>3</sup> додають 2 см<sup>3</sup> 4%-го розчину гідроксиду натрію і 2 см<sup>3</sup> 10%-го розчину сірчаноокислого магнію та перемішують. Після випадіння осаду воду декантують, а осад на фільтрі розчиняють у 10 см<sup>3</sup> 1%-го розчину ортофосфатної кислоти. До розчиненого осаду додають 10 см<sup>3</sup> 1%-го срібла азотнокислого і 0,3 г персульфату амонію, кип'ятять 3 хвилини після чого вимірюють оптичну щільність за допомогою спектрофотометра з довжиною хвилі 540 нм.

#### *Обробка результатів.*

Вміст мангану у воді у мг/дм<sup>3</sup> визначають за формулою:

$$C = (C_{гр} * V_k / V) * k$$

де,  $C_{гр}$  - масова концентрація мангану у розчині, знайдена з попередньо розрахованої градууювальної характеристики, мг/дм<sup>3</sup>;

$V_k$  - об'єм мірної колби (100 см<sup>3</sup>);

$V$  - об'єм аліквоти проби, взятий для аналізу, см<sup>3</sup>;

$k$  - ступінь попереднього розбавлення вихідної проби ( $k=1$ , то розбавлення не проводилося).

Прилад: спектрофотометр ПС-5400ВІ. Похибка вимірювання:  $\pm 0,05$  мг/дм<sup>3</sup>.

#### 2.2.2.10. Визначення вмісту нітратів [39]

*Суть методу.* Метод заснований на вимірюванні інтенсивності забарвлення розчину, в результаті реакції сульфосаліцилової кислоти з нітрат-іонами.

*Хід аналізу.* До 25 см<sup>3</sup> проби у фарфорову чашку додають 2 см<sup>3</sup> саліцилової кислоти і випарюють, після чого додають 2 см<sup>3</sup> сульфатної кислоти, перемішують і залишають на 5 хвилин. Потім додають дистильовану воду, лужний розчин, переносять до колби об'ємом 50 см<sup>3</sup> і доводять дистильованою водою до мітки. Вимірюють оптичну щільність за допомогою спектрофотометра при 415 нм.

#### *Обробка результатів.*

Вміст нітрат-іонів визначають за формулою:

$$C_{NO_3} = (C_{гр} * V_{\phi} / V) * k$$

де,  $C_{гр}$  - масова концентрація нітрат-іонів, знайдена за градууювальним графіком;

$V_{\phi}$  - об'єм фотометрованого розчину (за методикою 50 см<sup>3</sup>);

V - об'єм підготовленої проби, відібраної для аналізу, см<sup>3</sup>;

k - коефіцієнт розведення.

Прилад: спектрофотометр ПС-5400ВІ. Похибка вимірювання: ±0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

#### 2.2.2.11. Визначення вмісту сульфатів [40]

*Суть методу:* Метод визначення сульфатів заснований на осадженні сульфат-іонів у кислому середовищі у вигляді сульфату барію. Оптично вимірюють помутніння суспензії.

*Хід аналізу:* До 100 см<sup>3</sup> досліджуваної проби додають 5 см<sup>3</sup> розчину хлоридної кислоти (концентрацією 1:1). Розчин кип'ятять та додають 10 см<sup>3</sup> 10%-ного розчину хлориду барію. Перемішують та залишають на 30 хвилин для повного утворення осаду барію сульфату. Визначають ступінь помутніння за допомогою спектрофотометра на довжині хвилі 420 нм.

Прилад: Спектрофотометр ПС-5400ВІ. Похибка вимірювання: ±0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

#### 2.4.12. Визначення вмісту хлоридів [41]

*Суть методу.* Метод заснований на титруванні проби розчином нітрату аргентуму з індикатором хромовокислим калієм до утворення нерозчинного осаду червоно-коричневого кольору.

*Хід аналізу.* Пробу об'ємом 50 см<sup>3</sup> титрують розчином нітрату аргентуму у присутності індикатора до зміни забарвлення. Концентрацію розраховують за кількістю витраченого розчину для титрування.

*Обробка результатів.*

Вміст хлоридів визначають за формулою:

$$C_{Cl^-} = V_i * C * k * M * 1000 / V_{пр}$$

де, V<sub>i</sub> - об'єм розчину нітрату аргентуму, який витрачено на титрування проби, см<sup>3</sup>;

V<sub>пр</sub> - об'єм вихідної проби, взятої для титрування, см<sup>3</sup>;

C - масова концентрація хлорид-іонів у вихідній пробі, мг/дм<sup>3</sup>;

k - поправний коефіцієнт до номінальної молярної концентрації розчину срібла азотнокислого;

$M$  - молярна маса хлорид-іону, що дорівнює 35,453 г/моль;

1000 - коефіцієнт перерахунку г в мг.

Похибка вимірювання:  $\pm 0,05$  мг/дм<sup>3</sup>.

### РОЗДІЛ 3

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Територія сучасного Ужгорода займає 37,7 км<sup>2</sup> з кількістю населення станом на 19.11.2024р. 115 542 тис чоловік [42] і умовно поділена на 15 мікрорайонів, 4 з яких (Горяни, Доманинці, Дравці, Радванка), переважно з індивідуальною забудовою, отримують воду з дериваційного каналу р. Уж. Централізоване водопостачання решти мікрорайонів здійснюється із змішаної мережі, оскільки подача води із підземного водозабору «Минай» і дериваційного каналу р. Уж частково закільцьовані. Для дослідження фізичних і гірохімічних показників якості питної води у м. Ужгороді проби були відібрані у 11 найбільш густонаселених мікрорайонах (рис. 3.1):

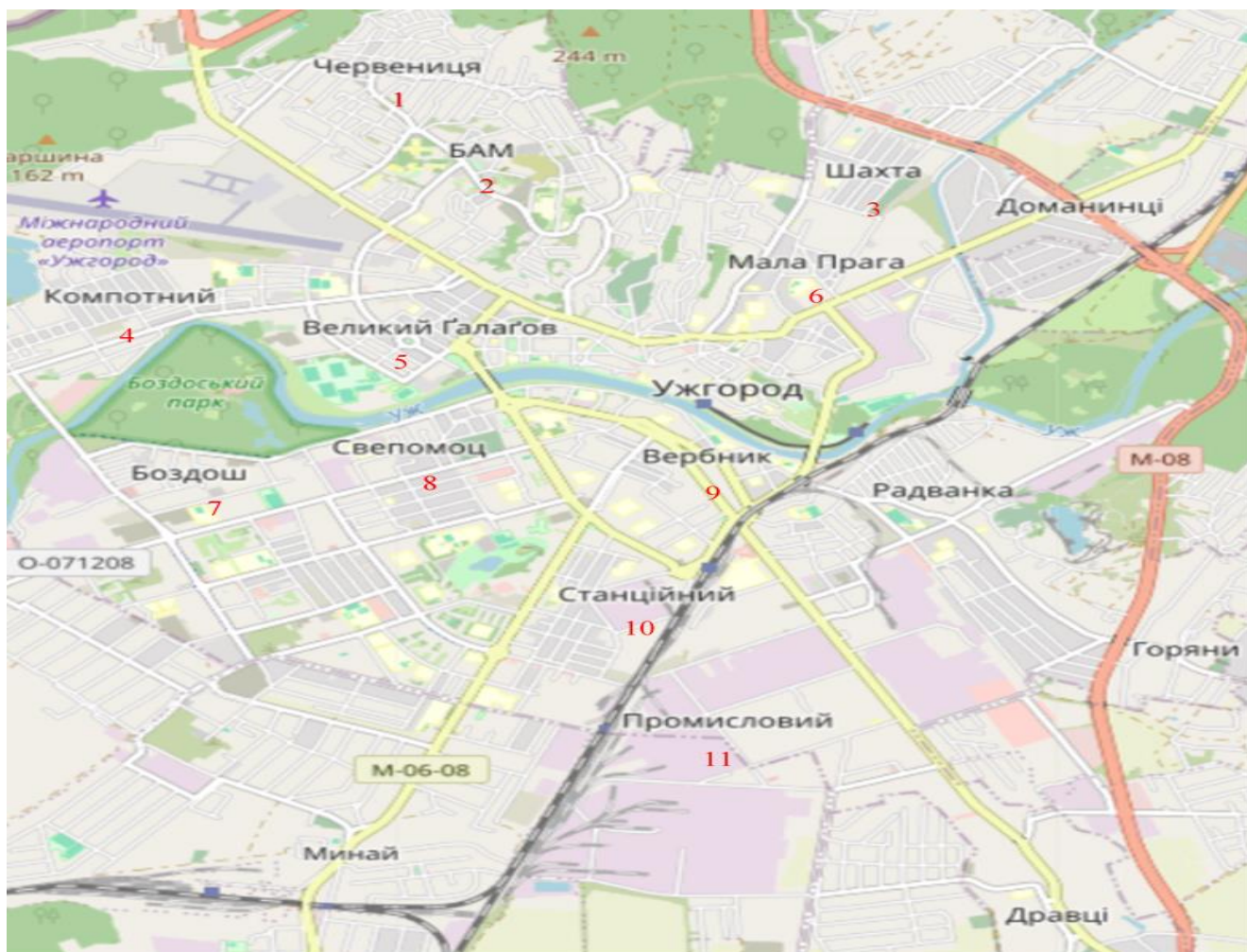


Рис.3.1. Карта районів Ужгорода [43].

Проба №1 – Червениця (міжнародний аеропорт Ужгород);  
проба №2 – БАМ (студентський гуртожиток №4);  
проба №3 – Шахта (початкова школа «Ялинка»);  
проба №4 – Компотний (приватний будинок по вул. Осипенко 28/82 );  
проба №5 – Великий Галагов (Закарпатська ОДА);  
проба №6 – Мала Прага (школа № 20 ліцей «Лідер»);  
проба №7 – Боздош (ТЦ ALMA);  
проба №8 – Свєпомоц (дитячий садок «Веселка»);  
проба №9 – Вербник (Ужгородський торговельно-економічний інститут);  
проба №10 – Станційний (Ужгородський залізничний вокзал);  
проба №11 – Промисловий (Ужгородський професійний ліцей).

Проби відбиралися, консервувалися та транспортувалися у відповідності до ДСТУ 7525:2014 [44] протягом вересня 2024р.

Для оцінки якості води визначали:

- фізичні показники: каламутність, забарвленість;
- гідрохімічні показники: водневий показник, сухий залишок, загальну жорсткість;
- вміст катіонів: амонію, кальцію, магнію, калію, натрію, феруму, мангану;
- вміст аніонів: хлоридів, нітратів та сульфатів згідно [29-41].

Отримані дані порівнювали із нормативними значеннями для питної водопровідної води [23], параметрами якості очищеної води поданої у мережу з водозабору «Минай» протягом липня – вересня 2024р. [45] та результатами лабораторного аналізу з комплексу очистки поверхневих вод дериваційного каналу [46].

Результати дослідження представлені у Таблиці 3.1.

Згідно отриманих даних, фізичні показники (каламутність, забарвленість) повністю відповідали вимогам до питної водопровідної води і якості води, яка подається у мережу.

Таблиця 3.1.

## Узагальнені результати досліджень фізичних і гідрохімічних показників якості води

Показники	Одиниці вимірюван ь	Проба											ГДК [23]*	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Фізичні показники:														
- Каламутність	НОК	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≤ 2,6
- Забарвленість	градуси	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≤ 20
Гідрохімічні показники:														
- Водневий показник	од. рН	6,98 ±0,1	6,71 ±0,1	6,68 ±0,1	6,63 ±0,1	6,36 ±0,1	7,05 ±0,1	6,34 ±0,1	6,98 ±0,1	6,51 ±0,1	7,38 ±0,1	6,15 ±0,1	6,5 – 8,5	
- Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	156 ±7,8	196 ±9,8	168 ±8,4	448 ±22,4	504 ±25,2	136 ±6,8	424 ±21,2	368 ±18,4	216 ±10,8	192 ±9,6	172 ±8,6	≤1000 - 1500	
- Жорсткість загальна	мг- екв/дм <sup>3</sup>	2,6 ±0,1	2,8 ±0,1	2,6 ±0,1	6,9 ±0,4	5,6 ±0,3	2,5 ±0,1	5,4 ±0,3	5,6 ±0,3	2,8 ±0,1	2,5 ±0,1	2,6 ±0,1	≤ 7	
Катіони:														
- Амоній	мг/дм <sup>3</sup>	0,12 ±0,02	0,12 ±0,02	0,11 ±0,01	0,05 ±0,01	0,1 ±0,01	0,17 ±0,02	0,05 ±0,01	0,15 ±0,02	0,21 ±0,02	0,12 ±0,02	0,11 ±0,01	≤ 0,5	



продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
- Кальцій	мг/дм <sup>3</sup>	36,7 ±5,1	34,1 ±4,8	86,2 ±12,1	88,2 ±12,3	91,2 ±12,8	76,2 ±10,7	86,2 ±12,1	98,2 ±13,8	82,2 ±11,5	82,2 ±11,5	40,1 ±5,6	Не визначається
- Магній	мг/дм <sup>3</sup>	12,2 ±1,7	13,4 ±1,9	10,9 ±1,5	30,4 ±3,7	13,4 ±1,9	18,2 ±2,5	12,8 ±1,8	8,5 ±1,2	23,1 ±3,2	10,9 ±1,5	7,9 ±1,1	Не визначається
- Калій	мг/дм <sup>3</sup>	1,7 ±0,1	2 ±0,1	6,6 ±0,4	7,9 ±0,5	5,7 ±0,3	6 ±0,4	8,1 ±0,5	7,7 ±0,5	6,3 ±0,4	4,1 ±0,3	7 ±0,4	Не визначається
- Натрій	мг/дм <sup>3</sup>	9,1 ±0,6	9,7 ±0,6	12,9 ±0,8	17,6 ±1,1	13,6 ±0,8	11,2 ±0,7	16,5 ±1,0	15,2 ±1,0	14,2 ±0,9	11 ±0,7	15,5 ±0,9	≤ 200
- Ферум	мг/дм <sup>3</sup>	0,16 ±0,02	0,27 ±0,03	0,14 ±0,01	0,24 ±0,02	0,05 ±0,01	0,14 ±0,01	0,08 ±0,01	0,07 ±0,01	0,15 ±0,02	0,13 ±0,01	0,14 ±0,01	≤ 0,2
- Манган	мг/дм <sup>3</sup>	0,07 ±0,02	0,10 ±0,02	0,11 ±0,04	0,08 ±0,02	0,06 ±0,01	0,09 ±0,04	0,11 ±0,04	0,11 ±0,04	0,10 ±0,04	0,12 ±0,05	0,12 ±0,05	≤ 0,05
Аніони:													
- Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	22,2 ±2,4	22,2 ±2,4	31,1 ±3,4	69,2 ±8,3	63,1 ±7,6	32,6 ±3,6	57,6 ±7,5	59,8 ±7,2	33,4 ±3,7	32,6 ±3,6	32,8 ±3,6	≤ 250
- Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	8,3 ±1,5	10,4 ±2,0	0,69 ±0,1	24 ±4,3	19,5 ±1,8	0,94 ±0,1	11,1 ±1,0	10 ±1,9	1 ±0,1	0,78 ±0,1	1,6 ±0,1	≤ 50
- Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	28 ±2,5	33 ±3,0	34,2 ±3,1	79 ±7,1	58,1 ±5,2	20,7 ±1,9	47,7 ±4,3	85 ±7,7	34,6 ±3,1	36 ±3,2	33,5 ±3,0	≤ 200

Примітка: \* нормативні значення для питної водопровідної води.

Для наглядності результати аналізів наведені на рис. 2–14.

Показник рН (рис.3.2) у відібраних пробах води коливався в діапазоні 6,15–7,38, у 7 з яких ця величина знаходилася у межах нормативних значень (6,5 – 8,5).

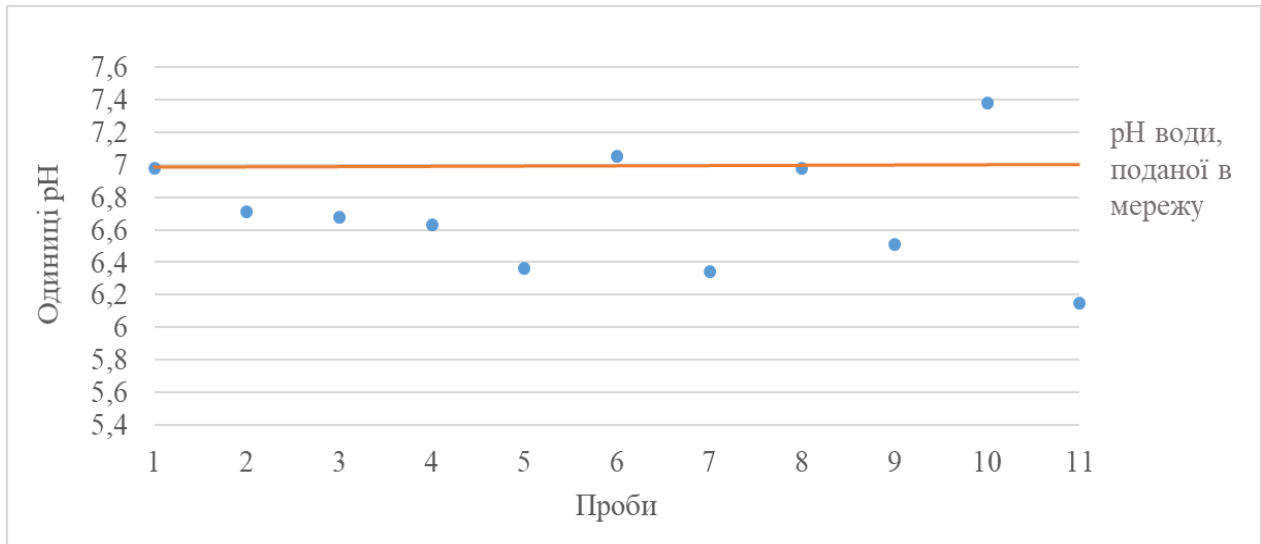


Рис. 3.2. Значення показника рН у досліджених пробах води.

Водночас у пробах № 5, 7 і 11, відібраних у мікрорайонах Великий Галагов, Боздош, Промисловий, він становив відповідно 6,36; 6,34 та 6,15 одиниць, що дещо нижче величин ГДК (6,5 од. – 8,5 од.), а у мікрорайоні Вербник був близький до нижньої межі нормативних значень (6,51 од.). У пробах № 5, 7, 9 і 11 (Великий Галагов, Боздош, Вербник, Промисловий) величина рН була меншою, порівняно із показником у воді, яка подавалася у мережу, а у 10 пробі (Станційний) ця величина складала 7,38, що перевищує цей показник у порівнянні з [45].

Прямий зв'язок між здоров'ям людини і рН питної води не встановлено. Однак, оскільки рН може впливати на ступінь корозії металів, а також на ефективність дезінфекції методом хлорування, будь-який вплив на здоров'я, швидше за все, буде непрямим і пов'язаний з погіршенням смаку води, потраплянням металів з сантехніки і труб та зниженням ефективності дезінфекції [47,48].

Загальна мінералізація досліджених зразків води (рис. 3.3) знаходилася у межах 136 – 504 мг/дм<sup>3</sup>, що відповідає вимогам до питної водопровідної води,

але у пробах 4, 5 і 7 (мікрорайони Компотний, Великий Галагов, Боздош) була вищою, ніж у воді поданій у мережу Минайським водозабором, а у пробах 2, 9 і 10 перевищувала показники лабораторії водопідготовки дериваційного каналу.

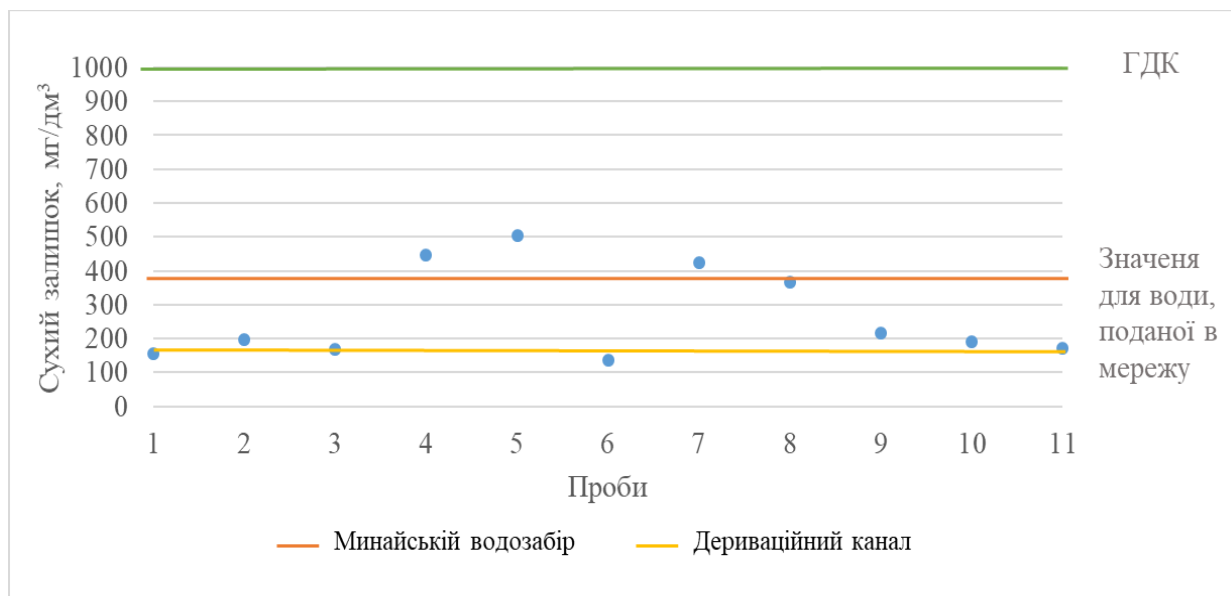


Рис. 3.3. Загальна мінералізація відібраних проб води.

Загальна жорсткість води (рис. 3.4.) у всіх відібраних пробах відповідала нормативним значенням.

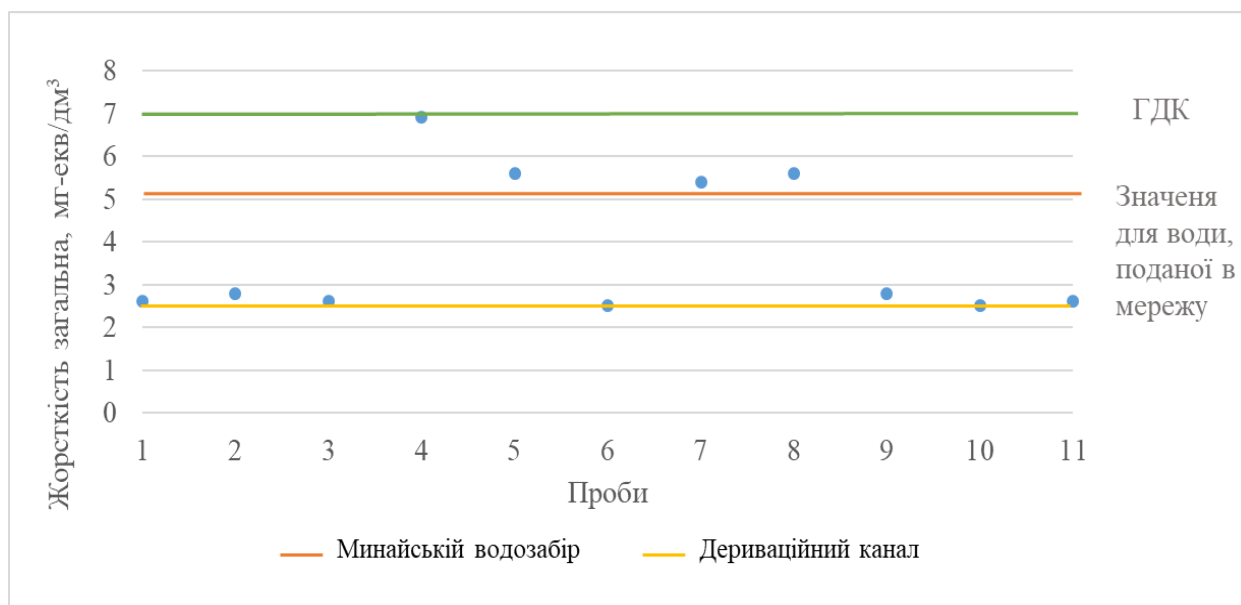


Рис. 3.4. Загальна жорсткість відібраних проб води.

Водночас у пробі 4 (Компотний мікрорайон) цей показник знаходився на верхній межі норми (6,9 мг-екв/дм<sup>3</sup>) при допустимому 7,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>, а у пробах 5, 7, 8 (мікрорайони Великий Галагов, Боздош, Свєпомоц) спостерігалось перевищення жорсткості у порівнянні із водою, яка подається споживачам після

водопідготовки з підземного водозабору, а у пробах 2,3,9,11 порівняно з водою з дериваційного каналу.

У цілому ряді публікацій у інтернеті виробники фільтрів для питної води вказують на небезпечність вживання жорсткої води, що може призвести до алергічних реакцій, артриту, серцево-судинних захворювань та утворення каменів в нирках [49-51].

Водночас, згідно висновку ВООЗ на Женевській конференції, жорстка вода не має відомих несприятливих наслідків для здоров'я [52].

Крім того, жорстка вода, особливо дуже жорстка вода, може зробити важливий додатковий внесок у загальне споживання кальцію та магнію, зміцнюючи тим самим кістки та зуби [53,54]. Систематичний огляд та метааналіз, опубліковані у журналі Foods Journal, показали, що підвищена загальна жорсткість питної води також може захистити від смертності від серцево-судинних захворювань [55].

Концентрація іонів амонію, який є важливим індикатором забруднення вод, у досліджених пробах води (рис. 5) коливалася у межах  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  –  $0,21 \text{ мг/дм}^3$ , що значно нижче допустимого значення  $\leq 0,5 \text{ мг/дм}^3$ .

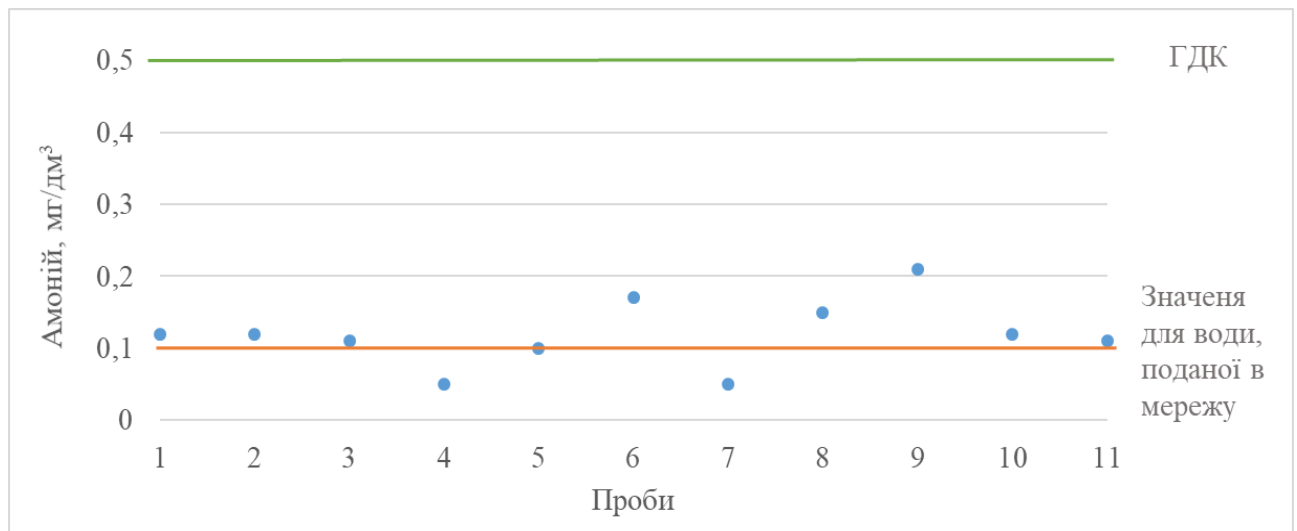


Рис. 3.5. Вміст іонів амонію у відібраних пробах води.

Найменше значення ( $0,05 \text{ мг/дм}^3$ ) відмічалось у мікрорайонах Компотний і Боздош, найвище ( $0,21 \text{ мг/дм}^3$ ) – у мікрорайоні Вербник і перевищувало показник вмісту іонів амонію у воді, що подається у мережу на  $0,11 \text{ мг/дм}^3$ .

Однак такі його концентрації у питній воді не є небезпечними для людини [55], водночас можуть дещо впливати на зміну запаху і смаку води.

Вміст іонів кальцію і магнію не нормується, а тому і не визначається лабораторіями станцій водопідготовки. В той же час, у гігієнічних вимогах до води питної, призначеної для споживання людиною [23] зазначається, що для забезпечення фізіологічної повноцінності мінерального складу води концентрація кальцію повинна знаходитися в межах 25–75 мг/дм<sup>3</sup>, а магнію – 10–50 мг/дм<sup>3</sup>.

У споживачів питної води спостерігається значна різниця у вмісті іонів кальцію. Зокрема, найнижча концентрація іонів кальцію (34,1 мг/дм<sup>3</sup>) у водопровідній воді мікрорайону БАМ, а найвища (98,2 мг/дм<sup>3</sup>), що у 2,7 разів більше – у мікрорайоні Свєпомоц (рис. 3.6). Тільки проби 1,2 і 11 відповідали вимогам до мінерального складу води.

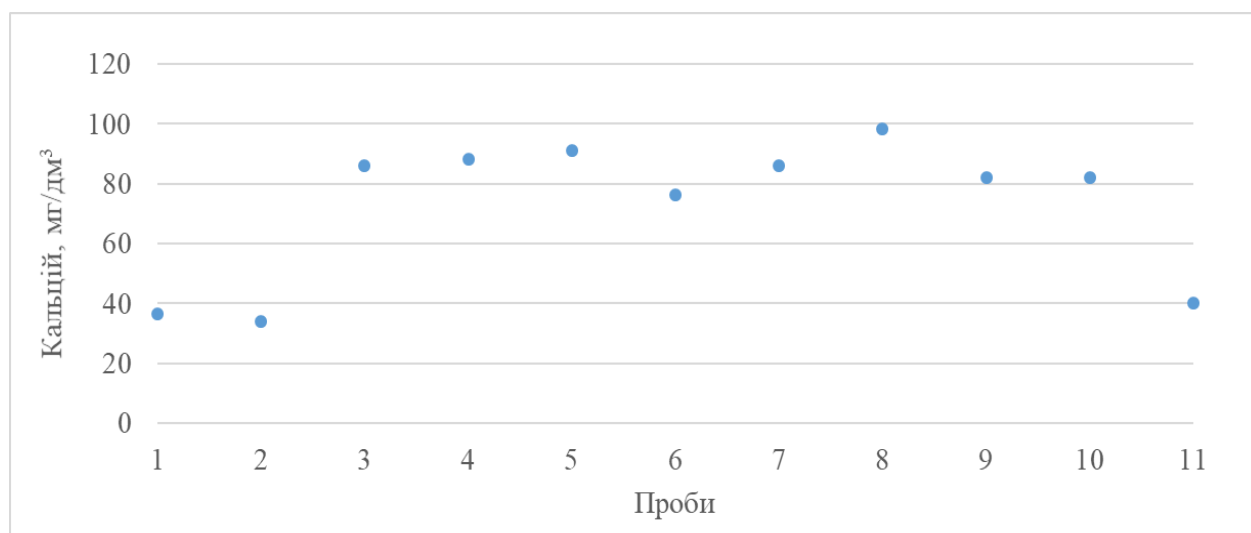


Рис. 3.6. Вміст іонів кальцію у відібраних пробах води.

Варто зазначити, що основний внесок у загальну жорсткість вносять іони кальцію, найвища концентрація якого була знайдена у пробах 5 і 8 (мікрорайони Великий Галагов і Свєпомоц), відповідно 91,2 мг/дм<sup>3</sup> і 98,2 мг/дм<sup>3</sup>.

Відмінності у концентрації іонів магнію є ще більш вираженими (рис. 3.7): його вміст у Компотному мікрорайоні (30,4 мг/дм<sup>3</sup>) перевищує найнижче значення у Промисловому (7,9 мг/дм<sup>3</sup>) у 3,8 разів. Проби 8 і 11 не відповідали вимогам до мінерального складу води.

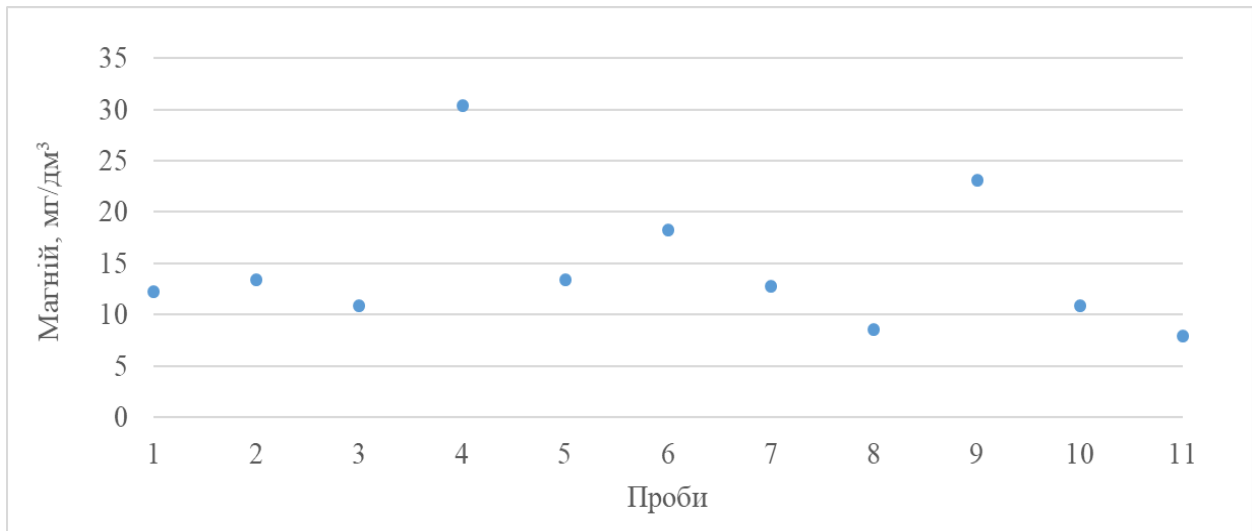


Рис. 3.7. Вміст іонів магнію у відібраних пробах води.

Концентрації іонів калію і натрію у досліджених зразках питної води коливалися відповідно 1,7 мг/дм<sup>3</sup> – 8,1 мг/дм<sup>3</sup> і 9,1 мг/дм<sup>3</sup> – 17,6 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 3.8) і за винятком проби 1 задовольняли вимоги до мінерального складу води (для калію і натрію 2-20 мг/дм<sup>3</sup>).

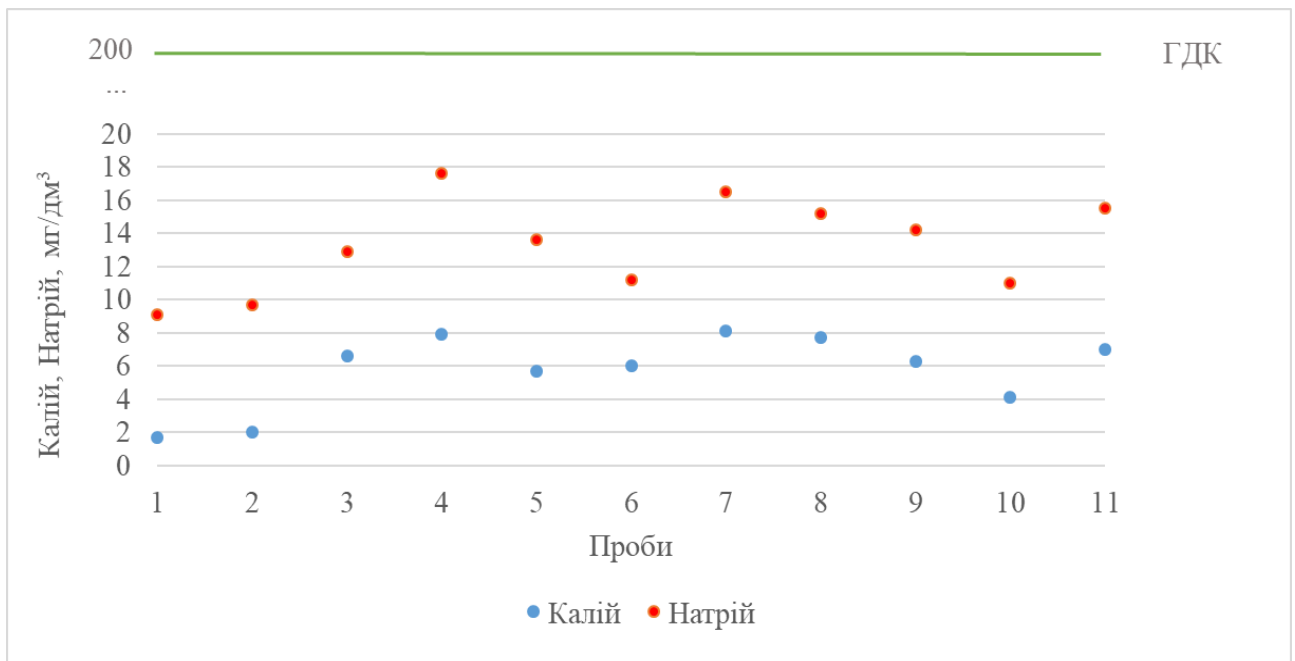


Рис. 3.8. Вміст іонів калію і натрію у відібраних пробах води.

Відомо, що іони калію і натрію відіграють важливу роль у підтримці осмотичного тиску та кислотно-основної рівноваги організму, передачі нервового імпульсу, регуляції м'язових скорочень [57]. Основним джерелом їх надходження в організм людини є харчові продукти, а для натрію – і харчова

сіль. Вміст калію у питній воді не нормується, що ймовірно пов'язане із високим показником його добової потреби (2000 мг), в той час як для натрію – 550 мг [58], оскільки надмірне надходження останнього небезпечно для осіб з підвищеним артеріальним тиском [59].

Основна біологічна роль феруму полягає у його участі у тканинному диханні та енергетичному обміні [60]. У пробі води 5 (мікрорайон Великий Галагов) концентрація феруму становила 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, а у мікрорайонах БАМ та Компотний відповідно 0,27 мг/дм<sup>3</sup> і 0,24 мг/дм<sup>3</sup>, що вище показника ГДК ( $\leq 0,2$  мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 9). Водночас надмірне надходження феруму призводить до цілого ряду важких нервово-м'язових захворювань, розладів печінки, серцевої недостатності та посилює кісткову патологію [60]. Тільки у пробах 5,7 і 8 (мікрорайони Великий Галагов, Боздош і Свепомоц) вміст феруму був нижчий ніж у воді, яка подається у мережу.

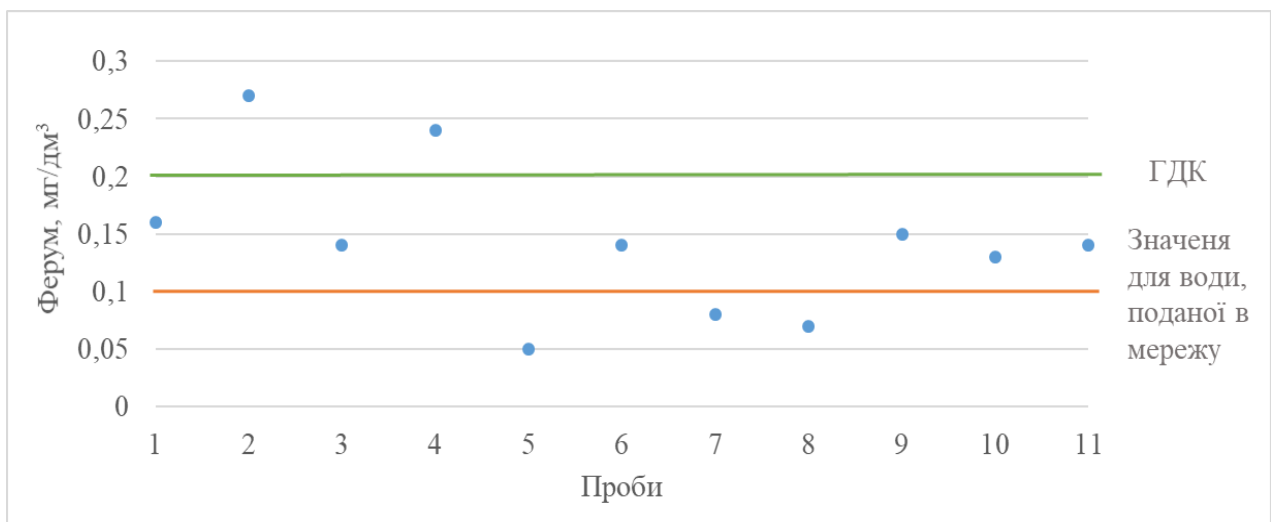


Рис. 3.9. Вміст феруму у відібраних пробах води.

Вміст мангану у питній воді відіграє особливе значення для здоров'я людини зважаючи його роль у нормальному протіканні фізіологічних процесів в організмі і той факт, що організм краще засвоює манган з питної води, ніж з їжі. Але його підвищений вміст погіршує смак, надає воді металевого присмаку, а вживання такої води протягом тривалого часу викликає неврологічні захворювання [61]. Тому визначені високі концентрації мангану, які перевищують ГДК, а у 7 пробах у 2,0 – 2,4 разів викликають особливе занепокоєння (рис. 3.10).

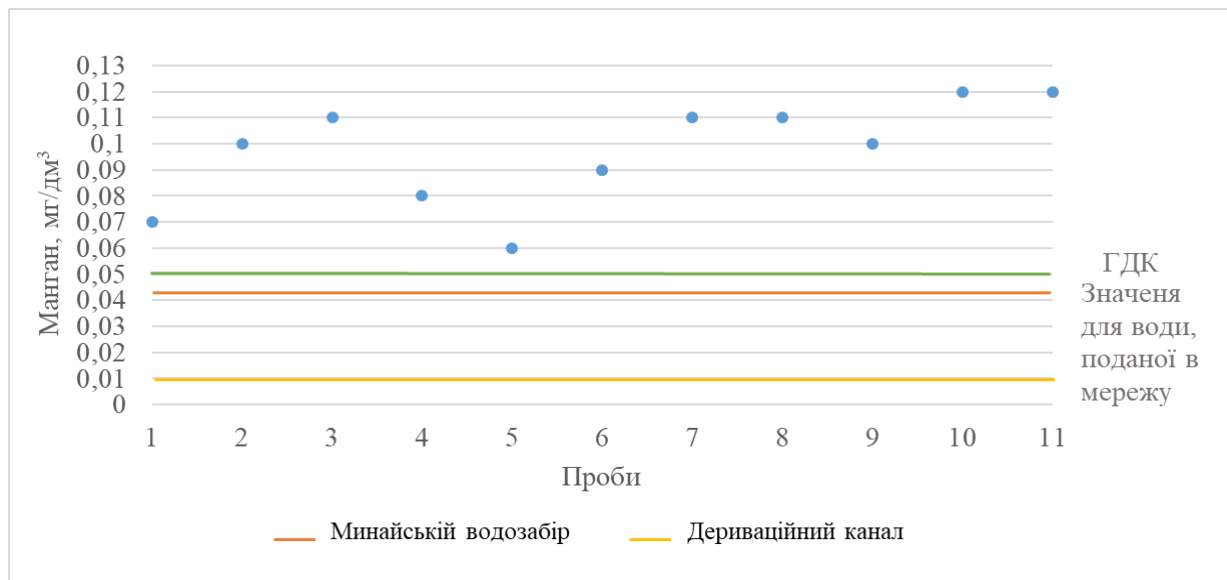


Рис. 3.10. Вміст мангану у відібраних пробах води.

Оскільки він потрапляє у питну воду шляхом вимивання з гірських порід і ґрунту, його підвищені концентрації є цілком зрозумілими, хоча згідно даних лабораторного контролю для води, яка подається у мережу, вміст мангану навіть нижчий за нормований показник ( $\leq 0,05$  мг/дм<sup>3</sup>) і становить 0,042 мг/дм<sup>3</sup> для Минайського водозабору і 0,01 мг/дм<sup>3</sup> – з дериваційного каналу.

Підвищення вмісту мангану у воді при транспортуванні може свідчити про негерметичність систем водопостачання, і як наслідок потрапляння мангану у воду внаслідок вимивання з гірських порід.

Вміст хлоридів, які регулюють осмотичний тиск і водний обмін, сприяють утворенню хлоридної кислоти у шлунку [62] знаходився у діапазоні 22,2 мг/дм<sup>3</sup> (мікрорайони Червениця і БАМ) – 69,2 мг/дм<sup>3</sup> (мікрорайон Компотний), але у всіх пробах був значно нижчим від ГДК (рис. 3.11).

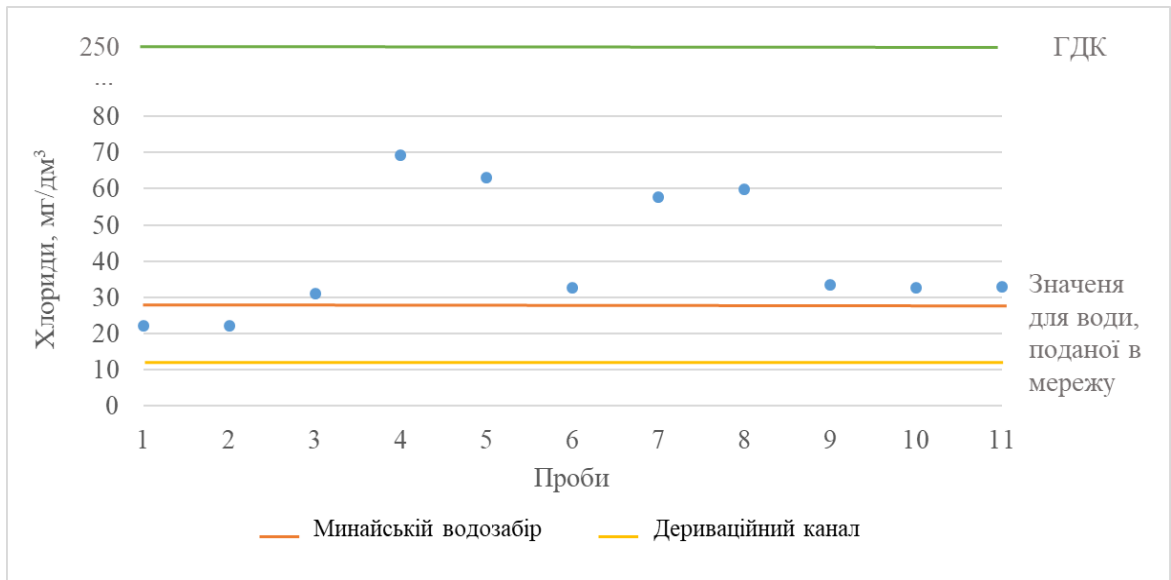


Рис. 3.11. Вміст хлоридів у відібраних пробах води.

В той же час, у 9 пробах концентрація хлоридів перевищувала значення у воді, яка подається у мережу Минайським водозабором ( $27,65 \text{ мг/дм}^3$ ) і у всіх – з дериваційного каналу ( $12,92 \text{ мг/дм}^3$ ).

Підвищений вміст нітратів, порівняно із даними лабораторного аналізу лабораторій Минайського водозабору ( $4,12 \text{ мг/дм}^3$ ) і станції водопідготовки дериваційного каналу ( $2,5 \text{ мг/дм}^3$ ) був визначений у 6 зразках (мікрорайони Червениця, БАМ, Компотний, Великий Галагов, Боздош, Свєпомоц) і коливався від  $8,3 \text{ мг/дм}^3$  до  $24,0 \text{ мг/дм}^3$ , однак не перевищував нормативних значень (рис.3.12). За цим показником вода є безпечною для вживання навіть дітьми, оскільки виключає можливість виникнення метгемоглобінемії [63].

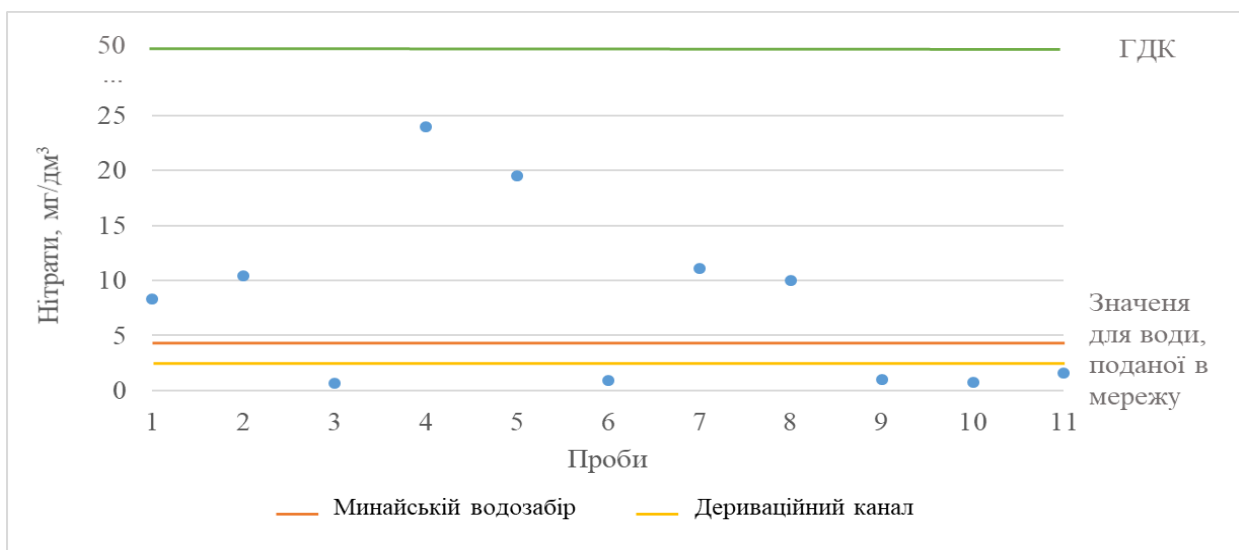


Рис. 3.12. Вміст нітратів у відібраних пробах води.

Вміст сульфатів у питній воді наведено на рис. 3.13.

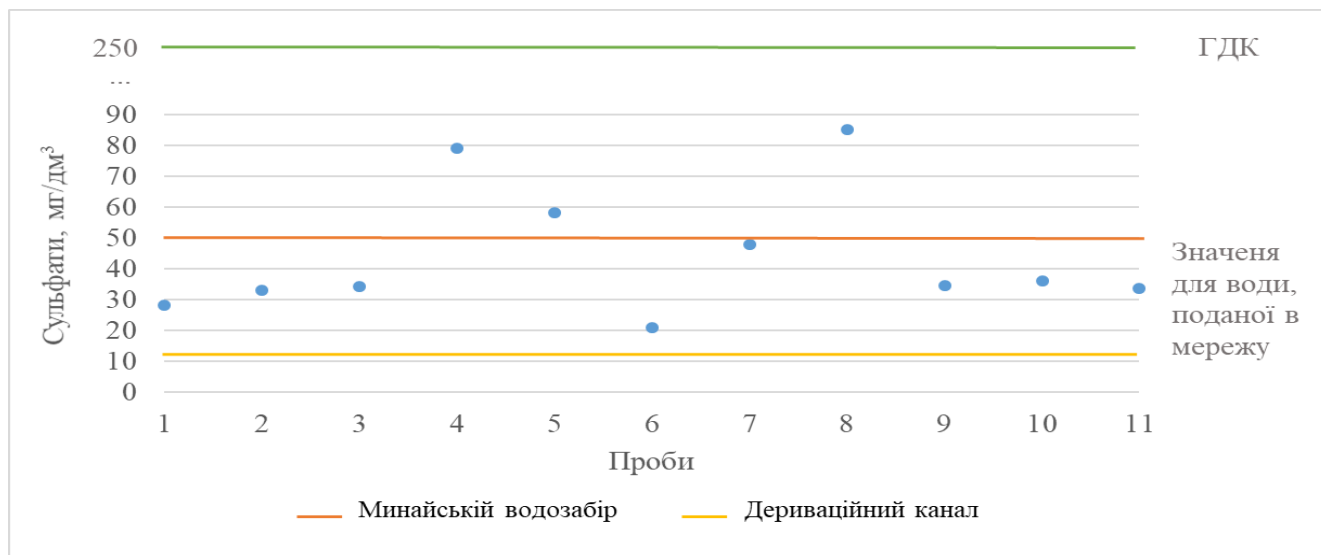


Рис. 3.13. Вміст сульфатів у відібраних пробах води.

Оскільки ГДК сульфатів у питній водопровідній воді становить  $\leq 200$  мг/дм<sup>3</sup>, а найбільша визначена концентрація становила 85,0 мг/дм<sup>3</sup> у мікрорайоні Свєпомоц, то їх наявність у воді не становить жодної небезпеки для здоров'я.

Було проаналізовано кратність перевищення показників якості води у споживачів у порівнянні із поданою у мережу з Минайського водозабору (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Кратність перевищення визначених показників якості води у порівнянні із поданою у мережу з підземного водозабору «Минай»

Мікрорайон	Показник / кратність перевищення								
	рН	Загальна мінералізація	Загальна жорсткість	Амоній	Ферум	Манган	Хлориди	Нітрати	Сульфати
Червениця	-	-	-	1,2	1,6	1,7	-	2,0	-
БАМ	-	-	-	1,2	2,7	2,4	-	2,5	-
Шахта	-	-	-	1,1	1,4	2,6	1,1	-	-
Компотний	-	1,2	1,3	-	2,4	1,9	2,5	5,8	1,6
Великий Галагов	-	1,3	0,1	-	-	1,4	2,3	4,7	1,2

Мала Прага	-	-	-	1,7	1,4	2,1	1,2	-	-
Боздош	-	1,1	1,0	-	-	2,6	2,1	2,7	-
Свепомоц	-	-	1,1	1,5	-	2,6	2,2	1,7	-
Вербник	-	-	-	2,1	1,5	2,4	1,2	-	-
Станційний	1,05	-	-	1,2	1,3	2,9	1,2	-	-
Промисловий	-	-	-	1,1	1,4	2,9	1,2	-	-

Як вказують дані наведені в таблиці, найбільші відхилення відмічалися за вмістом феруму, мангану, і хлоридів відповідно у 1,3 – 2,7; 1,4 – 2,9; 1,7 – 5,8 разів і 1,1 – 2,5 разів. Звертає на себе увагу також значне перевищення вмісту нітратів у мікрорайонах Великий Галагов і Компотний у 4,7 і 5,8 разів.

Виявлено, що найбільш забруднена питна вода у мікрорайонах Компотний (за 7 показниками), Великий Галагов і Свепомоц, у яких спостерігається погіршення якості води за 6 показниками (рис. 3.14).

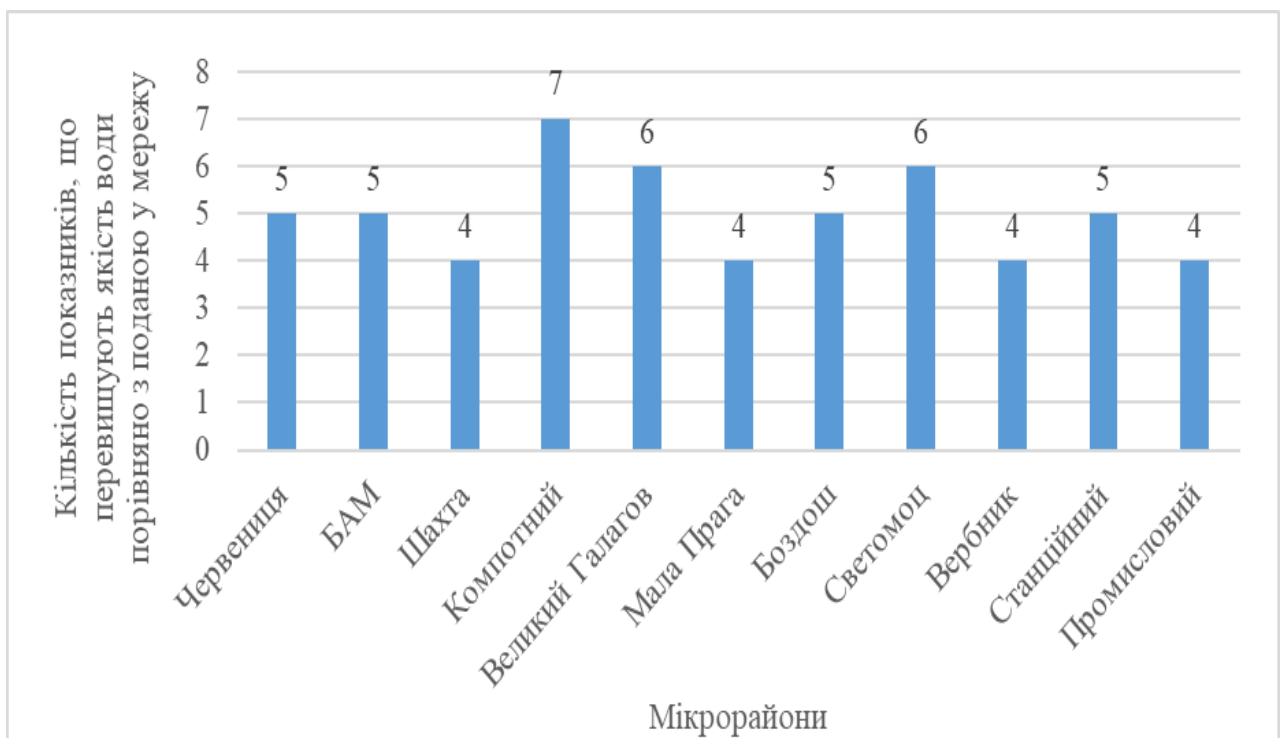


Рис. 3.14. Порівняння якості води у споживачів м. Ужгорода з параметрами поданої у мережу з Минайського водозабору.

Ще більші відмінності спостерігалися між показниками якості води у споживачів і водою після водопідготовки з поверхневого водозабору.

Як видно з таблиці 3.3, кратність відхилення для загальної мінералізації складала 1,1–3,0 разів; загальної жорсткості – 1,1–2,7 разів; вмісту іонів амонію – 1,2–2,1 разів; феруму – 1,3–2,4 разів; мангану – 6–12 разів; хлоридів – 1,7–5,3 разів; нітратів – 3,3–9,6 разів; сульфатів – 1,7–7,1 разів. Найбільш значне перевищення загальної мінералізації і загальної жорсткості було відмічено у мікрорайонах Боздош, Свепомоц. Компотний і Великий Галагов. При цьому у двох останніх кратність перевищення вмісту нітратів була найбільшою і складала відповідно 9,6 і 7,8 разів.

Таблиця 3.3

Кратність перевищення визначених показників якості води у порівнянні із поданою у мережу з поверхневого водозабору р. Уж

Мікрорайон	Показник / кратність перевищення								
	pH	Загальна мінералізація	Загальна жорсткість	Амоній	Ферум	Манган	Хлориди	Нітрати	Сульфати
Червениця	-			1,2	1,6	7,0	1,7	3,3	2,3
БАМ	-	1,2	1,1	1,2	2,7	10,0	1,7	4,2	2,8
Шахта	-				1,4	11,0	2,4		2,9
Компотний	-	2,6	2,7		2,4	8,0	5,3	9,6	6,6
Великий Галагов	-	3,0	2,2			6,0	4,9	7,8	4,8
Мала Прага	-			1,7	1,4	9,0	2,5		1,7
Боздош	-	2,5	2,1			11,0	4,4	4,4	4,0
Свепомоц	-	2,2	2,2	1,5		11,0	4,6	4	7,1
Вербник	-	1,3	1,1	2,1	1,5	10,0	2,6		2,9
Станційний	1,1	1,1		1,2	1,3	12,0	2,5		3,0
Промисловий	-				1,4	12,0	2,5		2,8

Що стосується невідповідності параметрів якості води порівняно з даними лабораторії станції водопідготовки дериваційного каналу (рис. 3.15), то найбільші відхилення було відмічено у мікрорайоні БАМ (за 8 показниками) та мікрорайонах Компотний, Светопомоц, Вербник та Станційний (за 7 показниками).

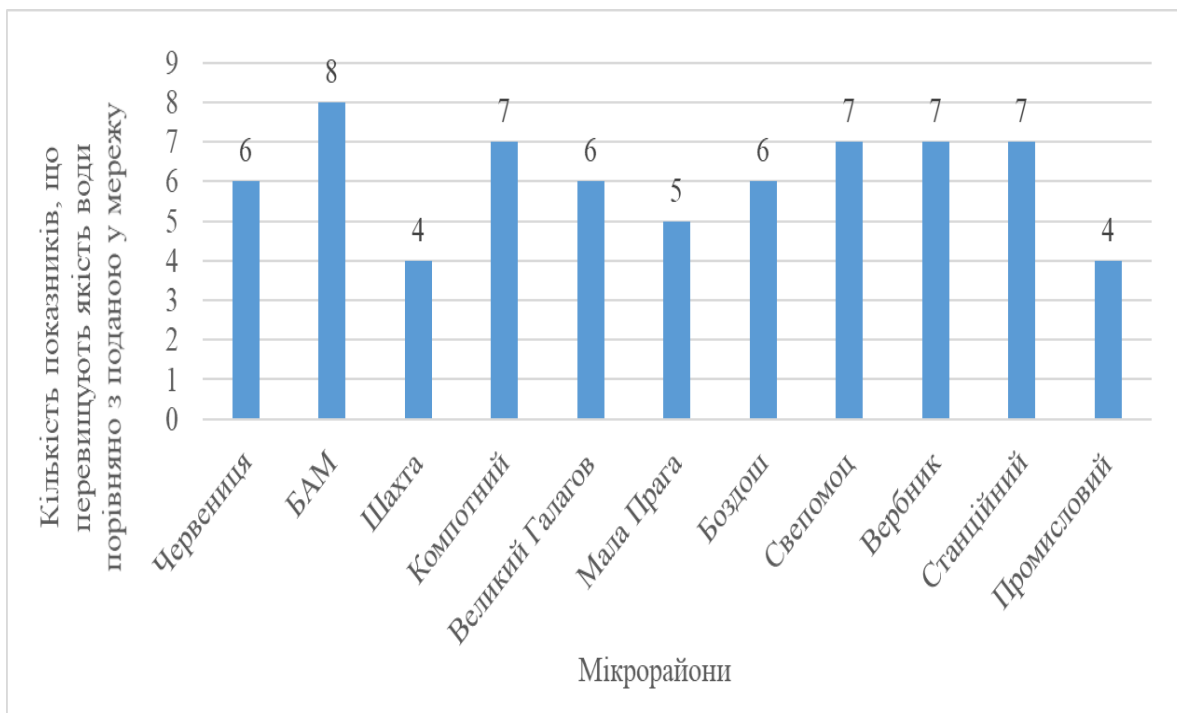


Рис. 3.15. Порівняння якості води у споживачів м. Ужгорода з параметрами поданої у мережу з дериваційного каналу.

Таким чином, отримані дані вказують на те, що відхилення якості води у мікрорайоні БАМ по 8 показникам і загальної мінералізації та жорсткості у мікрорайонах Боздош, Светопомоц, Компотний і Великий Галагов, порівняно з водою, яка подається у мережу з дериваційного каналу, ймовірно пов'язане з тим, що основним постачальником для них є Минайський водозабір.

Перевищення вмісту іонів амонію, нітратів, хлоридів, сульфатів і феруму у споживачів, у порівнянні з даними обох лабораторій водопідготовки пов'язано з незадовільним технічним станом водопровідної мережі.

Водночас, причина високих концентрацій мангану, які у всіх випадках перевищують величини ГДК, потребує додаткового дослідження.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ

З метою уникнення негативного впливу неякісної водопровідної води на здоров'я слід:

- ***на комунальному рівні*** – реконструювати водопровідні мережі;
- ***на побутовому рівні*** для невеликих сімей і офісів – використовувати бутильовану воду або з пунктів розливу питної води;
- для підприємств, установ і організацій – встановлювати фільтри для очищення води.

## ВИСНОВКИ

1. З'ясовано, що основними постачальниками питної води централізованої системи водопостачання у м. Ужгороді є Минайський водозабір підземних вод і дериваційний канал р. Уж, водогінні мережі яких частково закільцьовані.

2. Фізичні показники якості води відповідають нормативним значенням і не відрізняються від поданих у мережу.

3. Показник рН проаналізованих проб питної води у мікрорайонах Великий Галагов, Боздош і Промисловий, дещо нижчий величини ГДК і складає відповідно 6,36; 6,34 і 6,15 од.

Вміст феруму перевищує нормативний показник у мікрорайонах БАМ та Компотний на 0,07 мг/дм<sup>3</sup> і 0,04 мг/дм<sup>3</sup>.

За вмістом мангану вода не відповідає вимогам до якості питної води, оскільки визначені концентрації перевищують величину ГДК у 1,2 – 2,4 разів.

4. Виявлено, що у процесі транспортування до споживача вода забруднюється іонами амонію, нітратів, хлоридів, сульфатів і феруму, що пов'язано із зношеністю водопровідної мережі м. Ужгорода. Найбільш забруднена питна вода у мікрорайонах Компотний, Великий Галагов і Свєпомоц відмічається погіршення якості води за 6 – 7 показниками.

## АНОТАЦІЯ

Проаналізовано 11 відібраних проб питної води у м. Ужгороді у споживачів підземного водозабору «Минай». Виявлено, що за фізичними показниками вода відповідає нормативним вимогам. За гідрохімічними показниками у 3 мікрорайонах величина рН є дещо нижчою величини ГДК; у 2 мікрорайонах відмічається його перевищення за вмістом феруму, у всіх – за вмістом мангану.

У 3 мікрорайонах зафіксовано погіршення якості, порівняно із водою, яка подається у мережу після водопідготовки, за 6 – 7 показниками, особливо значне – за вмістом феруму, мангану, нітратів і хлоридів, що пов'язано із зношеністю водопровідної мережі м. Ужгорода.

## SUMMARY

We analyzed 11 samples of drinking water in Uzhhorod from consumers of the Mynai underground water intake. It was found that the water meets the regulatory requirements in terms of physical parameters. According to hydrochemical indicators, in 3 neighborhoods, the pH value is slightly below the MPC; in 2 neighborhoods, it is exceeded by the content of Ferric, in all – by the content of Manganese.

In 3 microdistricts the quality of the water supplied to the network after water treatment deteriorated by 6-7 indicators, especially by the content of Ferric, Manganese, nitrates and chlorides, compared to the water supplied to the network after water treatment, which is associated with the deterioration of the water supply network in Uzhhorod.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні аспекти та перспективні напрямки розвитку науки: матеріали VIII Міжнародної студентської наукової конференції, м. Вінниця, 8 листопада, 2024 рік / ГО «Молодіжна наукова ліга».— Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОСГруп», 2024. — 490с.
2. Бардов В.Г., Омельчук Н.В., Мережкіна Н.В. Гігієна та екологія : підручник. - Вінниця: Нова Книга, 2020. - 472 с.
3. Munteanu C., Teoibas-Serban D. Water intake meets the Water from inside the human body – physiological, cultural, and health perspectives - Synthetic and Systematic literature review. 2021. Balneo and PRM Research Journal. 12(3):196-209. doi:[10.12680/balneo.2021.439](https://doi.org/10.12680/balneo.2021.439).
4. Wutich A., Rosinger A.Y., Stoler J., Jepson W., Brewis A. Measuring Human Water Needs. Am J Hum Biol 2020 Jan;32(1):e23350. doi: 10.1002/ajhb.23350.
5. Armstrong L.A., Johnson E.C. Water Intake, Water Balance, and the Elusive Daily Water Requirement. Nutrients, 2018 Dec 5;10(12):1928. doi: [10.3390/nu10121928](https://doi.org/10.3390/nu10121928).
6. National Academy of Medicine (2004) Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. The National Academies Press, Washington, DC. Електронний ресурс [https://www.researchgate.net/publication/309087322\\_Dietary\\_reference\\_intakes\\_for\\_water\\_potassium\\_sodium\\_chloride\\_and\\_sulfate](https://www.researchgate.net/publication/309087322_Dietary_reference_intakes_for_water_potassium_sodium_chloride_and_sulfate)
7. Jéquier E., Constant F. Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration. Eur J Clin Nutr 2010 Feb;64(2):115-23. doi: 10.1038/ejcn.2009.111.
8. WHO. (2017a). Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum. Електронний ресурс <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
9. Levy K. Does Poor Water Quality Cause Diarrheal Disease? The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. Volume 93, Issue: 5, pages 899-900. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.15-0689>

10. Baba F.A.M. Water Pollution: Causes, Impacts, and Solutions: a critical review. ResearchGate. doi:[10.37376/jsh.vi76.5785](https://doi.org/10.37376/jsh.vi76.5785)
11. Електронний ресурс [https://www.researchgate.net/publication/381806828\\_Human\\_Health\\_Risk\\_Assessment\\_of\\_Radionuclide\\_Contamination\\_in\\_Drinking\\_Water](https://www.researchgate.net/publication/381806828_Human_Health_Risk_Assessment_of_Radionuclide_Contamination_in_Drinking_Water)
12. State of Global Water Resources 2023. World Meteorological Organization <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-water-resources-2023>
13. Хільчевський В.К. Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO-aguastat. Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 1 (59) с. 6-16.
14. Хільчевський В.К. Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2021. №. 1 (59). С. 17–27.
15. Мірошніченко В. В. Водозабезпеченість населення України: рівень, проблеми та напрями їх розв'язання. Наукові записки НаУКМА. Економічні науки. 2021. Том 6. Випуск 1. с.99-104.
16. Статистичний щорічник України 2022. Державна служба статистики України. Київ 2023. 387 с.
17. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 2022. 514с.
18. Землянська О.В., Полукаров Ю. О. Качинська Н. Ф. та ін. ЕКОЛОГІЧНА ШКОДА ВОДНИМ РЕСУРСАМ УКРАЇНИ В НАСЛІДОК ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ РОСІЇ Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. Серія економічна. Серія юридична. Випуск 36/2023. С. 4-13.
19. Закарпатська обласна державна адміністрація. Департамент екології та природних ресурсів. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2023 рік. м.Ужгород – 2024. 148с.
20. Закарпатська обласна державна адміністрація. Регіональна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій. Протокол №20 від 31.08.2021р. <https://carpathia.gov.ua/storage/app/sites/21/Covid/210831-20.pdf>

21. Про питну воду та питне водопостачання : Закон України від 10 січня 2002 р. № 2918–III. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text> (дата звернення: 26.04.2023).
22. Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення : Закон України від 24 квітня 1994 р. № 4004-12. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> (дата звернення: 20.04.2023).
23. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. **Наказ МОЗ 12.05.2010 № 400.**  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
24. <https://susplne.media/871539-moz-akso-ukraina-vstanovit-standarti-pitnoi-vodi-za-es-vpadut-tarifi-na-vodu/>
25. Офіційний веб-сайт басейного управління р. Тиса. <https://buvrtysa.gov.ua/newsite/?p=20615>
26. Офіційний веб-сайт басейного управління р. Тиса. <https://buvrtysa.gov.ua/newsite/?p=1066>
27. Про Програму "Питна вода міста Ужгород на 2012 - 2020 роки"  
[https://old.rada-uzhgorod.gov.ua/download/s/628\\_pro\\_programu\\_pytna\\_voda\\_mista\\_uzhgorod\\_na\\_2012-2020\\_roky.pdf](https://old.rada-uzhgorod.gov.ua/download/s/628_pro_programu_pytna_voda_mista_uzhgorod_na_2012-2020_roky.pdf)
28. Державні санітарні правила та норми, гігієнічні нормативи правила влаштування і безпеки роботи в лабораторіях (відділах, відділеннях) мікробіологічного профілю ДСП 9.9.5.-080-02. Чинний від 28.01.2002.
29. ДСТУ ISO 7027:2003 Якість води. Визначання каламутності (ISO 7027:1999, IDT). Чинний від 01.07 .2004.
30. ДСТУ ISO 7887:2003 Якість води. Визначання і досліджування забарвленості (ISO 7887:1994, IDT). Чинний від 02.10.2003.
31. МВВ № 081/12-0317-06 Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань водневого показника (рН) електрометричним методом. Чинний від 02.02.2007.

32. МВВ № 081/12-0109-03 Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика визначення масової концентрації сухого залишку (розчинених речовин) гравіметричним методом. Чинний від 30.06.2004.
33. ГОСТ 4151-72 Вода питна. Метод визначення загальної жорсткості. Термін дії продовжено згідно з наказом від 06.12.2017 № 395.
34. МВВ № 081/12-0106-03 Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Неслера. Чинний від 30.06.2004.
35. ДСТУ ISO 6058-2003 Якість води. Визначення кальцію. Титрометричний метод із застосуванням етилендіамінтетраоцтової кислоти. Чинний від 01.07.2004.
36. ДСТУ ISO 6059:2003. Якість води. Визначання сумарного вмісту кальцію та магнію. Титрометричний метод із застосовуванням етилендіамінтетраоцтової кислоти (ISO 6059:1984, IDT)]. Чинний від 01.07.2004.
37. ДСТУ ISO 6332:2003 Якість води. Визначення заліза. Спектрометричний метод із використанням 1,10-фенантроліну (ISO 6332:1988, IDT). Чинний від 01.07.2004.
38. ДСТУ ГОСТ 4974:2019 Вода питна. Визначення вмісту мангану фотометричним методом (ГОСТ 4974-2014, IDT). Чинний від 01.01.2020.
39. МВВ № 081/12-0651-09 Води зворотні, поверхневі, підземні. Методика виконання вимірювань масової концентрації нітрат-іонів фотоколориметричним методом. Чинний від 03.02.2010.
40. МВВ № 081/12-0177-05 Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації сульфатів титриметричним методом. Чинний від 21.06.2005.
41. ДСТУ ISO 9297:2007 Якість води. Визначення хлоридів. Титрування нітратом срібла із застосуванням хромату як індикатора (метод Мора) (ISO 9297:1989, IDT). Чинний від 01.01.2009.
42. <https://decentralization.ua/newgromada/3892>
43. <https://www.0312.ua/map>

44. ДСТУ 7525:2014. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=61154](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61154)
45. Офіційний веб-сайт водоканалу Ужгород. Результати хіміко-бактеріологічного аналізу питної води централізованих систем водопостачання з водозабору «Минай» за 2024 рік. [http://voda.uz.ua/?page\\_id=572](http://voda.uz.ua/?page_id=572)
46. Офіційний веб-сайт водоканалу Ужгород. Моніторинг якості водопровідної питної води в м. Ужгород вихід у мережу з комплексу очистки поверхневих вод (КОПВ) за 2024 рік. [http://voda.uz.ua/?page\\_id=392](http://voda.uz.ua/?page_id=392)
47. pH in Drinking-water. Revised background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization 2007. [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/ph.pdf?sfvrsn=16b10656\\_4](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/ph.pdf?sfvrsn=16b10656_4)
48. Arhin E., Osei J.D., Anima P.A., Damoah-Afari P., Yevugah L.L. The pH of Drinking Water and Its Human Health Implications: A Case of Surrounding Communities in the Dormaa Central Municipality of Ghana. Journal Healthcare Treatment Development. Vol: 04, No. 01, Dec 2023-Jan 2024 <http://journal.hmjournals.com/index.php/JHTD>
49. <https://himanaliz.ua/uk/vpliv-zhorstkoi-vodi-na-organizm-lyudin/>
50. <https://www.aquanova.com.ua/ua/stati-i-obzory/zhestkaya-voda-vredit-zdorovu-ua/>
51. <https://filterpoint.com.ua/zhorstka-voda-proti-zdorovja-ljudini-ua>
52. Hardness in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/hardness-bd.pdf?sfvrsn=a13853a9\\_4](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/hardness-bd.pdf?sfvrsn=a13853a9_4)
53. Sengupta P. Potential Health Impacts of Hard Water. Int J Prev Med. 2013 Aug;4(8):866–875.
54. A Study On Effects Of Hard Water On Human Health Research Ambition: An International Multidisciplinary e-Journal, vol. 6, núm. IV, 2022 doi: <https://doi.org/10.53724/ambition/v6n4.06Received10thFeb.2022> ? Автори
55. Aleksandra B.D., et al. (2023). The Relationship between Mortality from Cardiovascular Diseases and Total Drinking Water Hardness: Systematic Review with MetaAnalysis. *Foods*.

doi: [10.3390/foods12173255](https://doi.org/10.3390/foods12173255). <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/17/3255>

56. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ Аміак). (2003). Аміак у питній воді [файл PDF]. Отримано з

[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/ammonia.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/ammonia.pdf)

57. Біонеорганічна хімія навчальний посібник: / Хацевич О.М. / Факультет природничих наук; Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2020. – 121 с.

58. Фармацевтична енциклопедія .

<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1307/makroelementi>

59. Liu D., Tian Y., Wang R. *et al.* Sodium, potassium intake, and all-cause mortality: confusion and new findings. *BMC Public Health*. **24**, 180 (2024).

<https://doi.org/10.1186/s12889-023-17582-8>

60. Видиборець С.В. Метаболізм заліза і залізодефіцитні стани: монографія. - Boston: Published by Primedia eLaunch. 2022. 267 p.

61. Manganese in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality/ World Health Organization, WHO/SDE/WSH/03.04/104/Rev/1 Geneva, 2011. - 29 p.

62. Хлор (Cl) – значення для організму та здоров'я, де міститься Ткачова Н., Єлісеєва Т. *Journal.edaplus.info*, (2022), No. 2, (Vol. 20) с. 28-33.

63. Ward M.H., Jones R.R., Brender J.D., De Kok T.M., Weyer P.J., Nolan B.T., Villanueva C.M., Van Breda S.G. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 1557.

<https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>